

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TIARO KATU PEREIRA

DINÂMICA DA PAISAGEM ALUVIAL E SUA RELAÇÃO COM
ASPECTOS DENDROCRONOLÓGICOS

CURITIBA
2017

TIARO KATU PEREIRA

DINÂMICA DA PAISAGEM ALUVIAL E SUA RELAÇÃO COM
ASPECTOS DENDROCRONOLÓGICOS

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Conservação da Natureza, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador:

Prof. Dr. Franklin Galvão

Co-orientadores:

Dr^a. Christel Lingnau

Dr^a. Rosemeri Segecin Moro

CURITIBA

2017

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Pereira, Tiaró Katu

Dinâmica da paisagem aluvial e sua relação com o crescimento de *Gymnanthes klotzschiana* Müll. Arg. / Tiaró Katu Pereira. – Curitiba, 2017.
107 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Galvão

Coorientadoras: Prof.^a Dr.^a Christel Lingnau

Prof.^a Dr.^a Rosemeri Segecin Moro

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 31/03/2017.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Árvores – Anéis de crescimento. 2. Dendrocronologia. 3. Ecologia florestal. 4. Teses. I. Galvão, Franklin. II. Lingnau, Christel. III. Moro, Rosemeri Segecin. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.524



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **TIARO KATU PEREIRA** intitulada: **DINÂMICA DA PAISAGEM ALUVIAL E SUA RELAÇÃO COM ASPECTOS DENDROCRONOLÓGICOS**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.

Curitiba, 31 de Março de 2017.

FRANKLIN GALVÃO

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

PAULO CESAR BOTOSSO

Avaliador Externo (EMBRAPA)

KELLY GERONAZZO MARTINS

Avaliador Externo (UNICENTRO)

MICHELLA YAMAMURA BARDEILI DA SILVA

Avaliador Externo (PUC/PR)

CARLOS VELLOZO RODERJAN

Avaliador Interno (UFPR)



AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Franklin Galvão, que com companheirismo, amizade e confiança, ofereceu incondicionalmente o conhecimento que direcionou o desenvolvimento deste estudo, e mais do que isso, compartilhou sábios ensinamentos para a vida.

À co-orientadora Prof^a. Dr^a. Rosemeri Segecin Moro, a gratidão pelos conselhos, pelo exemplo e pela valiosa orientação dedicada de forma fraternal ao longo do tempo, sempre norteada pela ética e pela moral.

À co-orientadora Prof^a. Dr^a. Christel Lingnau, pela atenção, pelos enriquecedores conhecimentos transmitidos e pelo apoio prestado durante a realização deste estudo.

Aos professores Dr. Carlos Vellozo Roderjan, Dr^a. Yoshiko Saito Kuniyoshi, Dr. Henrique Soares Koehler, Dr. Marcelo Ricardo de Lima, Dr. Gustavo Ribas Curcio, Dr. Christopher Thomas Blum. Dr. Alessandro Camargo Angelo, Dr. Sebastião do Amaral Machado, Dr. André Andrian Padial, Dr^a. Ligia Cassol Pinto, Dr. José Candido Stevaux, Dr. Román Carlos Ríos, Dr. Jayme Antonio Cardoso, Dr. Mario Tomazello Filho, Dr. Fidel Alejandro Roig e Dr. Silvio Frosini de Barros Ferraz, pelos ensinamentos que foram essenciais para a realização deste estudo.

Aos pesquisadores e amigos Dr. Tomaz Longhi Santos, Dr^a. Jaçanan Eloisa de Freitas Milani, Me. Bruno Palka Miranda, Ma. Amanda Koche Marcon, Me. Dieter Liebsch, Me. Santiago José Elías Velazco e Me. Victor Hugo Andrade pelo companheirismo e apoio prestado em cada etapa deste estudo.

Aos colaboradores e amigos, Rodrigo Fernando Moro, Ma. Melissa Koch Fernandes de Souza Nogueira e Dr. Nicolas Floriani, Me. Vinicius Bodanese Demarchi, Pablo Bona, Acáz Sais pelos auxílios prestados durante a realização do estudo.

À Universidade Federal do Paraná – UFPR e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal que sempre me acolheram de braços abertos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo auxílio financeiro que apoiou e incentivou essa pesquisa.

Ao Núcleo de Estudos em Meio Ambiente da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/NUCLEAM pelo apoio logístico e material cedido, ao Laboratório de Mecanização Agrícola da UEPG – LAMA, pelo apoio na aquisição de material, ao Instituto de Terras, Cartografia e Geociências – ITCG, ao Ministério do Meio Ambiente – MMA, à Agência Nacional de Águas – ANA e ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET pelo material disponibilizado.

À minha família que sempre ofereceu suporte e proporcionou condições para a realização deste estudo.

Aos amigos com quem convivi nesse período pelo companheirismo e apoio.

Enfim, minha gratidão a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho. Muito Obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	13
RESUMO	14
ABSTRACT	15
INTRODUÇÃO	15
OBJETIVOS	18
Objetivos específicos.....	18
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
Análise da dinâmica da paisagem aluvial.....	19
A planície aluvial na escala de paisagem	20
Dendroecologia da dinâmica da paisagem aluvial	21
Área de estudo	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
CAPÍTULO I	34
DINÂMICA DA PAISAGEM ALUVIAL DO RIO PITANGUI ENTRE 1953 E 2012	34
RESUMO	34
ABSTRACT	34
INTRODUÇÃO	35
MATERIAL E MÉTODOS	36
Base cartográfica	36
Delimitação e classificação do uso do solo	36
Análise da dinâmica da paisagem aluvial.....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
Dinâmica da paisagem aluvial do rio Pitangui	41
Áreas antrópicas (AA).....	42
Vegetação florestal (VF)	43
Vegetação herbácea (VH)	47
CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPÍTULO II	54
ESTUDO DENDROECOLÓGICO DE <i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll. Arg. NA	
PAISAGEM ALUVIAL DO RIO PITANGUI ENTRE 1958 E 2012	54
RESUMO	54
ABSTRACT	54
INTRODUÇÃO	55
MATERIAL E MÉTODOS	56
Coleta de dados dendrológicos.....	56
Análise dos dados dendroecológicos.....	58
Dados meteorológicos	58
Testes estatísticos	60
RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
Atributos e sincronização das séries.....	60
Relação da cronologia com variáveis meteorológicas anuais	63
Relação da cronologia com variáveis meteorológicas mensais.....	64
CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
CAPÍTULO III	70
RELAÇÃO DO CRESCIMENTO DE <i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll. Arg. COM A	
DINÂMICA DA PAISAGEM ALUVIAL ENTRE 1958 E 2012	70

RESUMO	70
ABSTRACT	70
INTRODUÇÃO	71
MATERIAL E MÉTODOS	72
Base cartográfica	72
Coleta e análise dos dados dendrológicos e meteorológicos.....	73
Testes estatísticos	73
RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
Atributos e sincronização das séries de crescimento dos pontos	74
Variações entre as cronologias dos pontos.....	75
Variações entre as cronologias dos pontos por períodos.....	81
CONCLUSÕES	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
APÊNDICE 1	96
Caracterização dos pontos amostrais.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo e dos sete pontos amostrais: planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil. Fonte: UEPG/NUCLEAM, 2002.	24
Figura 2: Geologia do segmento da bacia do rio Pitangui no Primeiro Planalto Paranaense. Fonte: MINEROPAR, 2001.	25
Figura 3: Hipsometria do segmento da bacia do rio Pitangui no Primeiro Planalto Paranaense. Fonte: UEPG/NUCLEAM, 2002.....	26
Figura 4: Hidrografia do segmento da bacia do rio Pitangui no Primeiro Planalto Paranaense. Fonte: UEPG/NUCLEAM, 2002.....	27
Figura 5: Mapa de solos da bacia do rio Pitangui no Primeiro Planalto Paranaense. Fonte: BOGNOLA <i>et al.</i> , 2002; FASOLO <i>et al.</i> , 2002.....	28
Figura 6: Foto aérea do ano 2001 como exemplo das UPs da planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil: (VF) Vegetação Florestal; (VH) Vegetação Herbácea; e, (AA) Áreas Antrópicas. Fonte: UEPG/NUCLEAM, 2002.....	37
Figura 7: Aspecto da vegetação florestal (VF) da planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	37
Figura 8: Aspecto da vegetação herbácea (VH) da planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	38
Figura 9: Aspecto das áreas antrópicas (AA) – agrícola, no caso – da planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	38
Figura 10: Uso do solo da paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012.	41
Figura 11: Porcentagem ocupada (%) e número de manchas de áreas antrópicas (AA) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012.	42
Figura 12: Índice de Intensidade de Uso (LUI) das áreas antrópicas (AA) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012.	44
Figura 13: Taxa de Conversão Anual (q) e Perfil da Curva de Conversão ($FCCP$) da vegetação florestal (VF) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012.	46
Figura 14: Métricas de configuração da vegetação florestal (VF) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012. III: índice de justaposição; ENN: distância média do fragmento mais próximo (m); Shape: índice de forma médio.....	47
Figura 15: Taxa de Conversão Anual (q) e Perfil da Curva de Conversão ($FCCP$) da vegetação herbácea (VH) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012.	49

Figura 16: Métricas de configuração da vegetação herbácea (VH) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012. III: índice de justaposição; ENN: distância média do fragmento mais próximo (m); Shape: índice de forma médio.....	50
Figura 17: Ocorrência de áreas antrópicas entre 1953 e 2012 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil. (A-B) Segmento montante; (B-C) Segmento jusante.	57
Figura 18: Estações meteorológicas e períodos de dados disponíveis.	59
Figura 19: Climatograma de precipitação anual total (mm) (Barras), temperaturas máximas e mínimas médias anuais (°C) (Linhas).	59
Figura 20: Climatograma de precipitação mensal média (mm) (Barras), temperaturas máximas e mínimas médias mensais (°C) (Linhas).	60
Figura 21: Número de amostras por período para obtenção da série conjunta de <i>Gymnanthes klotzschiana</i> para a planície de inundação do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	62
Figura 22: Amostras sincronizadas para obtenção da série conjunta de <i>Gymnanthes klotzschiana</i> para a planície de inundação do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	62
Figura 23: Relação entre a série de índices de crescimento (<i>master</i>) e a série padronizada (<i>standard</i>) de <i>Gymnanthes klotzschiana</i> , para a planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	63
Figura 24: Correlação entre a série <i>standard</i> e as variáveis meteorológicas: precipitação anual total do ano anterior (PPA); precipitação anual total do ano corrente (PPC); temperatura máxima média do ano anterior (TXA); temperatura máxima média do ano corrente (TXC); temperatura mínima média do ano anterior (TMA); temperatura mínima média do ano corrente (TMC). Nível de significância ns = $\pm 0,26$	64
Figura 25: Correlação entre a série <i>standard</i> e a precipitação mensal total (*ano anterior; **ano seguinte). Nível de significância ns = $\pm 0,26$	65
Figura 26: Correlações entre a série <i>standard</i> e a temperatura mínima mensal média (*ano anterior; **ano seguinte). Nível de significância ns = $\pm 0,26$	65
Figura 27: Correlações entre a série <i>standard</i> e a temperatura máxima mensal média (*ano anterior; **ano seguinte). Destaque para as variáveis com nível de significância ns = $\pm 0,26$	66
Figura 28: Climatograma de precipitação anual total (mm) (Barras), temperaturas máximas e mínimas médias anuais (°C) (Linhas) para o período de crescimento vegetativo.	73
Figura 29: Séries de crescimento <i>standard</i> dos pontos amostrais.	76
Figura 30: Análise de agrupamento (Cluster) das séries <i>standard</i> dos pontos considerando o índice de Pearson “r” e emparelhamento de dados por médias. Coeficiente cofenético: 0,92.	77

Figura 31: Análise de agrupamento (Cluster) das séries <i>standard</i> dos pontos considerando a distância Euclidiana e emparelhamento de dados por médias. Coeficiente cofenético: 0,94.....	77
Figura 32: Análise de Componentes Principais (PCA) das séries <i>standard</i> dos pontos.	79
Figura 33: Correlação entre os fatores obtidos pela PCA para a variação anual das séries <i>standard</i> dos pontos e as variáveis meteorológicas: precipitação anual total do ano anterior (PPA); precipitação anual total do ano corrente (PPC); precipitação anual total do período de crescimento do anel (PPG); temperatura máxima média do ano anterior (TXA); temperatura máxima média do ano corrente (TXC); temperatura máxima média do período de crescimento do anel (TXG); temperatura mínima média do ano anterior (TMA); temperatura mínima média do ano corrente (TMC); temperatura mínima média do período de crescimento do anel (TMG). Destaque para as variáveis com nível de significância ($ns = \pm 0,26$).....	79
Figura 34: Correlograma da variação no incremento médio das árvores em função da distribuição espacial dos pontos amostrais.....	80
Figura 35: Análise de agrupamento (Cluster) das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 1958 a 1980, considerando o índice de Pearson “r” e emparelhamento de dados por médias.	82
Figura 36: Análise de agrupamento (Cluster) das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 1958 a 1980, considerando a distância euclidiana e emparelhamento de dados por médias.	82
Figura 37: Análise de Componentes Principais (PCA) das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 1958 a 1980, considerando o índice de Pearson “r”.	83
Figura 38: Correlação entre os fatores obtidos pela PCA para a variação anual das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 1958 a 1980 e as variáveis meteorológicas: precipitação anual total do ano anterior (PPA); precipitação anual total do ano corrente (PPC); precipitação anual total do período de crescimento do anel (PPG); temperatura máxima média do ano anterior (TXA); temperatura máxima média do ano corrente (TXC); temperatura máxima média do período de crescimento do anel (TXG); temperatura mínima média do ano anterior (TMA); temperatura mínima média do ano corrente (TMC); temperatura mínima média do período de crescimento do anel (TMG). Destaque escurecido para as variáveis com nível de significância ($ns = \pm 0,41$).....	84
Figura 39: Análise de agrupamento (Cluster) das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 1981 a 2001, considerando o índice de Pearson “r”. Coeficiente cofenético: 0,82.	85
Figura 40: Análise de agrupamento (Cluster) das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 1981 a 2001, considerando a distância euclidiana. Coeficiente cofenético: 0,80.	86
Figura 41: Análise de Componentes Principais (PCA) das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 1981 a 2001, considerando o índice de Pearson “r”.	87

Figura 42: Correlação entre os fatores obtidos pela PCA para a variação anual das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 1981 a 2001 e as variáveis meteorológicas: precipitação anual total do ano anterior (PPA); precipitação anual total do ano corrente (PPC); precipitação anual total do período de crescimento do anel (PPG); temperatura máxima média do ano anterior (TXA); temperatura máxima média do ano corrente (TXC); temperatura máxima média do período de crescimento do anel (TXG); temperatura mínima média do ano anterior (TMA); temperatura mínima média do ano corrente (TMC); temperatura mínima média do período de crescimento do anel (TMG). Nível de significância ($ns = \pm 0,43$).	87
Figura 43: Análise de agrupamento (Cluster) das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 2002 a 2012, considerando o índice de Pearson “r”. Coeficiente cofenético: 0,75.	89
Figura 44: Análise de agrupamento (Cluster) das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 2002 a 2012, considerando a distância euclidiana. Coeficiente cofenético: 0,96.	89
Figura 45: Análise de Componentes Principais (PCA) das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 2002 a 2012, considerando o índice de Pearson “r”.	90
Figura 46: Correlação entre os fatores obtidos pela PCA para a variação anual das séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 2002 a 2012 e as variáveis meteorológicas: precipitação anual total do ano anterior (PPA); precipitação anual total do ano corrente (PPC); precipitação anual total do período de crescimento do anel (PPG); temperatura máxima média do ano anterior (TXA); temperatura máxima média do ano corrente (TXC); temperatura máxima média do período de crescimento do anel (TXG); temperatura mínima média do ano anterior (TMA); temperatura mínima média do ano corrente (TMC); temperatura mínima média do período de crescimento do anel (TMG). Destaque escurecido para as variáveis com nível de significância ($ns = \pm 0,60$).	90
Figura 47: Mapa de localização do Ponto 1 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	96
Figura 48: Aspecto no entorno do Ponto 1 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	97
Figura 49: Aspecto local do Ponto 1 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	97
Figura 50: Mapa de localização do Ponto 2 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	98
Figura 51: Aspecto local do Ponto 2 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	98
Figura 52: Mapa de localização do Ponto 3 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	99
Figura 53: Aspecto no entorno do Ponto 3 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	100

Figura 54: Árvore coletada no Ponto 3 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	100
Figura 55: Drenos artificial no Ponto 3 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	101
Figura 56: Lixo no entorno do Ponto 3 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	101
Figura 57: Mapa de localização do Ponto 4 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	102
Figura 58: Aspecto local do Ponto 4 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	102
Figura 59: Área de lazer no Ponto 4 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	103
Figura 60: Mapa de localização do Ponto 5 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	103
Figura 61: Aspecto no Ponto 5 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	104
Figura 62: Mapa de localização do Ponto 6 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	105
Figura 63: Aspecto local do Ponto 6 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	105
Figura 64: Mapa de localização do Ponto 7 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.....	106
Figura 65: Aspecto local do Ponto 7 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Métricas de estrutura da vegetação florestal (VF) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012. NP: número de fragmentos; CA: área total (ha); PLAND: porcentagem da paisagem (%); AREAMN: área média (ha); DV: desvio padrão da área média; CV: coeficiente de variação da área média.	45
Tabela 2: Métricas de estrutura da vegetação herbácea (VH) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012. NP: número de fragmentos; CA: área total (ha); PLAND: porcentagem da paisagem (%); AREAMN: área média (ha); DV: desvio padrão da área média; CV: coeficiente de variação da área média.	48
Tabela 3: Estatística descritiva da cronologia de anéis de crescimento de <i>Gymnanthes klotzschiana</i> para a planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, no programa COFECHA.	61
Tabela 4: Estatística descritiva das séries dos anéis de crescimento de <i>Gymnanthes klotzschiana</i> para os pontos ao longo da planície do rio Pitangui, Paraná, Brasil, no programa COFECHA.	75
Tabela 5: Análise de Variância (ANOVA) entre as séries <i>standard</i> dos pontos. SQ: soma dos quadrados; gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio.	75
Tabela 6: Análise de Variância (ANOVA) entre as séries <i>standard</i> dos pontos para o período 1958 a 1980. SQ: soma dos quadrados; gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio.	81
Tabela 7: Análise de Variância (ANOVA) entre as séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 1981 a 2001. SQ: soma dos quadrados; gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio.	84
Tabela 8: Análise de Variância (ANOVA) entre as séries <i>standard</i> dos pontos para o período de 2002 a 2012. SQ: soma dos quadrados; gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio.	88

RESUMO

Neste trabalho analisou-se a relação entre a dinâmica da paisagem aluvial e o crescimento de *Gymnanthes klotzschiana* Müll. Arg. (branquilha), para verificar os efeitos dos sucessivos períodos econômicos sobre a espécie e sobre a planície do rio Pitangui, Paraná – Brasil. Para verificar as mudanças na paisagem foram usadas imagens dos anos de 1953, 1980, 2001 e 2012, considerando as alterações nas unidades – vegetação florestal (VF), vegetação herbácea (VH) e áreas antrópicas (AA) – por meio de análise espacial, métricas e indicadores. Para as análises dendroecológicas de *Gymnanthes klotzschiana* foram demarcados sete pontos ao longo da planície, nos quais foram selecionadas três árvores, para coleta das séries de crescimento. As amostras foram tratadas e digitalizadas em imagens para mensuração da largura dos anéis de crescimento. Em seguida, as séries foram sincronizadas para obtenção das cronologias padronizadas, as quais foram relacionadas com dados regionais históricos de precipitação e temperatura, e uso do solo local. Para o Capítulo I, os resultados da dinâmica da paisagem mostraram a vegetação nativa, que constituía 99,5% da área em 1953, tendo parte substituída por AA a partir de 1980 (10,3%), chegando a ocupar 12% da planície (175,5 ha) em 2012. Enquanto a VF expandiu 5,5% as áreas de VH contabilizaram uma redução de 14,5%, substituídas principalmente por áreas agricultáveis e, recentemente, por plantios de espécies arbóreas exóticas. As transformações ocorridas expressam mudanças nas práticas de uso, com a exploração de madeira como fonte energética e abertura gradativa de áreas destinadas à agricultura. Os resultados evidenciam a influência dos períodos econômicos, vinculados a interesses socioambientais e dispositivos legais, na dinâmica da paisagem. A VH foi mais afetada, o que remete às práticas de manejo e às políticas públicas equivocadas no passado. Para o Capítulo II, a análise dendroecológica da área incluiu um total de 38 séries temporais, gerando uma cronologia de 55 anos, entre 1958 e 2012, com 0,491 de intercorrelação e sensibilidade média de 0,45. Os resultados indicaram a temperatura mínima como a principal variável de controle do crescimento dos indivíduos da área, mesmo sem atingir valor significativo ($p = \pm 0,26$). Para o Capítulo III, a análise dendroecológica entre os pontos gerou cronologias de 34 a 55 anos. Os resultados não apontaram variações significativas entre as séries dos pontos. A análise de agrupamento mostrou o isolamento do ponto 3, situado nas áreas mais afetadas pelo uso antrópico, sobretudo no período entre 1981 e 2001. A partir dos resultados conclui-se que a espécie analisada na região possui potencial para estudos que associem a dinâmica da paisagem com Dendroecologia.

Palavras-chave: Ecologia da Paisagem; Dendroecologia; influência antrópica

ABSTRACT

In this research was analyzed the relationship between the alluvial landscape change and dendroecological patterns of *Gymnanthes klotzschiana* Müll. Arg., to verify the effects of successive economic periods on the growth of the specie and on the Pitangui river plain, Brazil. In order to verify landscape changings, was used 1953, 1980, 2001, and 2012 images by means of spatial analysis and indicators, considering the forest vegetation (VF), herbaceous vegetation (VH), and anthropogenic areas (AA). Was performed dendroecological analysis at seven points upon the largest trees for collection of the growth series. Samples were treated and digitized in images to measure growth rings. Then, standardized chronologies were obtained related to both the historical regional precipitation, and temperature data, as local land use changes. In Chapter I, was discuss the influence of the economic periods in the land use change as well the socioenvironmental interests and legal devices. Results pointed the native vegetation replacement, from 99.5% of the area in 1953, to 89.7% in 1980, and 88% in 2012. While VF expanded 5.5%, VH areas redacted 14.5%, mainly due to exploitation of wood for energy and gradual opening for agriculture and plantations. Thus, VH areas were more affected, which refers to the poor management practices and past public policies. In Chapter II, the dendroecological analysis of 38 series generated a 55-yrs chronology (1958 to 2012), with 0.491 of intercorrelation and mean sensitivity of 0.45. The results indicated the minimum temperature as the main predictor variable ($p \leq 0.05$). In Chapter III, the dendroecological analysis among the points generated chronologies from 34 to 55 years, with no significant variations. By means a cluster analysis, point 3 was apart, as the most affected by anthropogenic use, especially between 1981 and 2001. It was concluded that *Gymnanthes klotzschiana* has potential for studies that associate land use change analysis and Dendroecology.

Key-words: Landscape Ecology; Dendroecology; anthropogenic influence

INTRODUÇÃO

Durante o século XX o Paraná passou por períodos econômicos com diversas formas de exploração de recursos naturais que impulsionaram o desenvolvimento do estado. No entanto, o contexto histórico legal, quanto à normatização, o cumprimento e a fiscalização do uso desses recursos, ocasionaram danos ambientais extremos, a começar pela devastação quase que total da cobertura vegetal nativa, que, de acordo com Castella e Brites (2004), da floresta com araucária que recobria a maior parte do estado, restam, sobretudo, fragmentos secundários.

Durante os períodos de exploração diversas inovações foram incorporadas às práticas de manejo. As experiências auxiliaram no desenvolvimento de métodos menos agressivos ao ambiente, cujo emprego foi incentivado, também, por mudanças socioambientais no decorrer do tempo (ITCG, 2008). Ainda que tenha havido avanços no manejo, os danos ambientais não foram sanados e ainda afetam as paisagens naturais. No entanto, juntamente com a evolução dos métodos de exploração foram desenvolvidas diversas formas de estudo dos impactos ao ambiente, tornando possível avaliar a magnitude das alterações provocadas pelas atividades humanas e subsidiar a recuperação das áreas degradadas. As formas de avaliar impactos incluem estudos de processos erosivos, análise e monitoramento de vegetação e fauna, ocorrência de espécies indicadoras, e análises de qualidade do solo e da água.

Uma das grandes preocupações atualmente recai sobre a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos, sendo que devido ao histórico e a intensidade das diversas formas de exploração, geralmente incompatível com a capacidade de recuperação dos sistemas naturais, ambientes ribeirinhos do estado do Paraná apresentam sinais alarmantes de degradação e descaracterização (TOREZAN, 2002; UEPG/NUCLEAM, 2002; CURCIO, 2006; GEALH *et al.*, 2010).

Os efeitos geralmente provocados por formas inadequadas de exploração dos recursos naturais são conhecidos, principalmente para áreas ribeirinhas, e incluem alterações hidrológicas e nos fluxos de sedimento e nutrientes, compactação do solo, decréscimo na qualidade de habitats e da biodiversidade (NRC, 2002; ALLAN, 2004). No entanto, as formas de exploração e seus efeitos em diferentes locais envolvem processos particulares, dos quais a compreensão exige estudos específicos que considerem a complexidade ambiental em escalas espaciais e temporais apropriadas, conforme a magnitude, o caráter das intervenções e o objetivo da análise.

Com a intenção de compreender os efeitos do uso do solo de planícies aluviais sobre o desenvolvimento de espécies nativas, neste estudo envolveu-se duas áreas da ciência, a Ecologia de Paisagem, visando caracterizar as mudanças no uso do solo, com base em imagens e registros pretéritos, e a Dendroecologia, que, a partir do estudo e análise dos anéis de crescimento de espécies arbóreas potenciais, permite avaliar a influência de fatores ambientais no crescimento das árvores. A integração dessas ciências para tal finalidade, no entanto, depende de condições que tornem possível o estudo, dentre elas, planícies aluviais compostas por vegetação florestal nativa

combinada com áreas de uso antrópico. Nesse sentido, a bacia hidrográfica do rio Pitangui, caracterizada pela heterogeneidade ambiental, bem como pela conservação da vegetação e pelo histórico de uso das planícies aluviais, apresenta atributos que viabilizam essa análise. Ainda, a região dispõe de imagens aéreas históricas que possibilitam reconhecer as mudanças no uso do solo da planície ao longo do tempo.

Outro requisito fundamental envolve o potencial da espécie vegetal selecionada para os estudos dendroecológicos. A espécie deve necessariamente apresentar anéis de crescimento no lenho, formados anualmente. Além disso, os indivíduos da espécie que forem incluídos no estudo devem apresentar sensibilidade climática, o que indica que os padrões de crescimento se relacionam com variações ambientais (FRITTS, 1976). Dessa forma, nas espécies sensíveis, a formação dos anéis de crescimento varia conforme a resposta dos indivíduos às oscilações nas condições ambientais, e, pela interpretação dos padrões de crescimento, torna-se possível identificar fatores relacionados ao desenvolvimento das árvores (SCHWEINGRUBER, 1996; LARCHER, 2004; JIMENEZ, 2011).

Estruturado em três capítulos, pretendeu-se verificar com este estudo se: (i) as alterações na paisagem aluvial poderiam ser vinculadas a atividades humanas? (ii) a espécie *Gymnanthes klotzschiana* Müll. Arg. (branquilha), dominante em paisagens aluviais do Paraná, apresenta variações no crescimento sensíveis às oscilações nas condições ambientais? (iii) As variações no crescimento da espécie *Gymnanthes klotzschiana* podem ser relacionadas às alterações na paisagem ocorridas no período analisado?

O Capítulo I apresenta a caracterização da dinâmica da paisagem aluvial do rio Pitangui entre 1953 e 2012. Para tanto, foram utilizadas fotos aéreas e imagens de satélite para mapear as áreas de interesse na planície de inundação do rio em quatro datas: 1953; 1980; 2001; e 2012. Com auxílio de métricas e índices da paisagem, buscou-se verificar quais as mudanças ocorridas ao longo do tempo, considerando três classes de uso do solo: áreas antrópicas (AA); vegetação florestal (VF); e vegetação herbácea. Foram analisadas as variações na área de cada classe ao longo do tempo, a intensidade de uso, periodicidade das mudanças e em quais regiões da planície ocorreram alterações da cobertura do solo, bem como, as causas.

O Capítulo II contém o estudo para verificar se os indivíduos de branquilha da planície apresentavam sensibilidade às oscilações pluviais e térmicas, e identificar quais destes fatores poderiam ser relacionados com variações no crescimento da espécie. Para isso, as amostras contendo os anéis de crescimento das árvores foram coletadas em sete pontos demarcados ao longo da área. As amostras foram tratadas para identificação e sincronização das séries de anéis de crescimento. A partir da correlação entre a curva de crescimento padronizada das árvores amostradas e os dados históricos de precipitação e temperatura anuais e mensais, foram verificadas as relações existentes para o período de 1958, considerando o ano do primeiro anel de crescimento datado nas amostras, e 2012, ano final considerado para o mapeamento das mudanças na paisagem. Esta, juntamente com as análises apresentadas no Capítulo I subsidiaram a realização do estudo apresentado no próximo capítulo.

O Capítulo III integrou as análises da dinâmica da paisagem e dendroecológicas com o intuito de avaliar possíveis relações entre as mudanças ocorridas no uso do solo da planície variações no crescimento dos branquinhos da área. As curvas de crescimento das árvores amostradas em cada um dos sete pontos foram submetidas a tratamentos estatísticos para identificar variações de crescimento entre os pontos e entre os quatro anos considerados nos mapeamentos.

OBJETIVOS

Pretendeu-se com este estudo, analisar a relação entre a dinâmica da paisagem e o crescimento de *Gymnanthes klotzschiana* Müll. Arg. (Euphorbiaceae) (branquilho), espécie nativa dominante na planície aluvial do rio Pitangui.

Objetivos específicos

- a) Definir a abrangência da planície aluvial e distribuição das unidades de paisagem de áreas periodicamente inundáveis (vegetação herbácea; vegetação florestal e áreas antrópicas) para os anos 1953, 1980, 2001 e 2012, a fim de verificar e analisar as mudanças espaço-temporais na paisagem;
- b) Determinar séries temporais de *Gymnanthes klotzschiana* para verificar se a espécie apresenta sensibilidade às oscilações ambientais e avaliar a relação do crescimento dos indivíduos com variáveis meteorológicas;
- c) Identificar variações no crescimento da espécie ao longo da planície que possam ser associadas com os registros de alterações na paisagem.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Análise da dinâmica da paisagem aluvial

O arranjo espacial dos tipos de cobertura do solo da planície aluvial se modifica continuamente devido à influência de fatores ambientais. Os processos oriundos da interatividade dos diversos agentes resultam em transformações, seja na composição ou na funcionalidade, atribuindo dinamismo e promovendo a constante evolução da paisagem (FORMAN; GODRON, 1986; TURNER, 1989). As mudanças podem ser causadas por fatores naturais, como atividade tectônica, oscilações climáticas e processos ecológicos, ou pela ação humana, como desmatamento, uso agropecuário e urbanização. Esses fatores, naturais ou antrópicos, são interdependentes, afetando-se uns aos outros conforme a escala e a intensidade.

A Ecologia de Paisagem é uma área de conhecimento envolvida nas análises estruturais e funcionais de ambientes, focada em esclarecer a relação entre padrões espaciais e processos em nível de paisagem, considerando a escala espaço-temporal condicionada ao objeto de estudo (METZGER, 2001; TURNER, 2005). Portanto, a determinação das dimensões de uma paisagem necessita do estabelecimento de escalas de observação compatíveis com as peculiaridades dos processos. A escala espacial refere-se à extensão e à resolução de informações na representação do espaço considerado, podendo variar de centímetros a quilômetros quadrados, enquanto que a escala temporal define o período e a frequência da mensuração ou duração de um evento (METZGER, 2001). Dessa forma, a análise da evolução espaço-temporal do mosaico gera informações que auxiliam a elucidar questões acerca dos processos e causas das alterações na paisagem.

A Ecologia de Paisagem emprega métricas e índices que quantificam os padrões espaciais e que auxiliam no entendimento das relações existentes nos ambientes. Essas ferramentas descritoras da paisagem proporcionam uma valiosa visão das similaridades e diferenças de estrutura e configuração entre mosaicos de regiões ou períodos distintos. A estrutura e a configuração referem-se às relações espaciais entre as unidades, como a distribuição de energia, materiais e espécies considerando tamanho, forma, quantidade, tipo e arranjo espacial dos componentes (FORMAN; GODRON, 1986; McGARIGAL *et al.*, 2002).

A utilização de conceitos e técnicas da Ecologia de Paisagem torna possível analisar a dinâmica da planície aluvial pela caracterização das propriedades espaciais e estruturais em determinados períodos. A partir da caracterização da estrutura e da configuração da paisagem ao longo do tempo, torna-se possível formalizar a compreensão das causas e processos da evolução das paisagens do mosaico, e desse modo subsidiar futuras formas de manejo com menor impacto, que mantenham a integridade e a disponibilidade dos recursos naturais.

A planície aluvial na escala de paisagem

A paisagem pode ser definida, de forma abrangente, como um mosaico heterogêneo formado por unidades interdependentes, com dimensões definidas conforme o interesse da análise (METZGER, 2001). Logo, apresenta composição e configuração, que correspondem à diversidade e arranjo das unidades, e funcionalidade, decorrente da ação interativa dos componentes envolvidos, considerando as escalas espaciais e temporais (FORMAN; GODRON, 1986; TURNER, 1989).

As unidades de uma paisagem podem ser consideradas como porções de habitats que apresentam condições favoráveis ou não para uma espécie ou processo ecológico, incluindo áreas de uso do solo moldadas pela ação humana. O ponto central da análise de paisagens, portanto, está no reconhecimento da dependência espacial entre as unidades, ou seja, o funcionamento de uma unidade depende das interações que ela mantém com as unidades vizinhas (METZGER, 2001). Nesse sentido, as paisagens são moldadas continuamente por agentes naturais ou antrópicos, nos mais amplos níveis e em diferentes escalas espaciais e temporais (FORMAN; GODRON, 1986).

De acordo com as escalas adotadas, a extensão e a configuração dos elementos da paisagem definem diferentes padrões estruturais e funcionais. Os arranjos desses elementos determinam a resistência para fluxos e movimentos de espécies, energia, material e distúrbios pela paisagem (FORMAN, 1995).

Os elementos estruturais fundamentais que compõem a paisagem são matriz, manchas, corredores e ilhas (FORMAN; GODRON, 1986). A designação da matriz depende do fenômeno em questão, usualmente representada pelo tipo de cobertura do solo predominante. Deste modo, as manchas podem ser definidas como áreas do processo estudado, considerando-se uma escala e as diferenças intrínsecas desse elemento, por exemplo, áreas florestais ou campestres (McGARIGAL *et al.*, 2002). Os corredores, em certa escala, são faixas homogêneas lineares e ininterruptas de manchas ligando áreas (FORMAN; GODRON, 1986; METZGER, 2001), podendo ser estreitos ou largos, retilíneos ou sinuosos (FORMAN, 1995). As ilhas são manchas menores, em certa escala, geograficamente isoladas, dispersas na matriz (McGARIGAL *et al.*, 2002).

Considerando a determinação do espaço conforme o interesse da análise, a definição da planície aluvial como paisagem leva em conta as características que distinguem essa porção das áreas do entorno. As margens dos corpos d'água são áreas naturalmente influenciadas por inundações periódicas e temporárias, sendo consideradas como a transição entre os ecossistemas terrestre e aquático (ARIZPE *et al.*, 2008). Considerando Gregory *et al.* (1991), Kobiyama (2003) e Arizpe *et al.* (2008), a planície aluvial, também denominada de zona ripária, pode ser definida como uma faixa ecotonal ao longo dos leitos dos rios, em um espaço tridimensional que inclui vegetação, solo e corpo d'água interligados por processos essencialmente hidrodinâmicos. Esse ambiente compreende, horizontalmente, os limites inundáveis, e verticalmente, até o topo da copa da vegetação. Representa um sistema aberto,

interligado longitudinal, lateral e verticalmente por processos hidrológicos, morfológicos e pela sucessão da vegetação (GREGORY *et al.*, 1991).

A delimitação da planície aluvial abrange os ambientes associados aos cursos lóticos, onde a vegetação interage com a superfície e a subsuperfície aquática e com o solo, através de uma forte relação funcional e estrutural (ARIZPE *et al.*, 2008). Nesse ambiente ocorrem naturalmente diversos tipos de formações vegetais, retratando um mosaico de manchas florestais, as vezes também campestres, compostas por espécies adaptadas às condições específicas impostas pela oscilação periódica do nível da água (GREGORY *et al.*, 1991). A planície aluvial envolve áreas de intensa dinâmica, de modo que a distribuição e a configuração dos diferentes tipos de manchas estão associadas ao histórico de inundações (KOBIYAMA, 2003).

Assim, toda a extensão da planície aluvial sofre influência permanente da regulação hídrica dos corpos d'água (ARIZPE *et al.*, 2008). Os tipos de cobertura vegetal que ocupam as planícies, embora morfológicamente diferentes, desempenham funções importantes para a conservação e a manutenção dos recursos hídricos, principalmente no que se refere aos aspectos qualitativos do corpo d'água (ARIZPE *et al.*, 2008). A vegetação estabelecida nestas áreas promove a contenção dos sedimentos atenuando a erosão do solo e assoreamento do canal, colaborando com a integridade das margens (GREGORY *et al.*, 1991).

Em estudos de paisagem que envolvem áreas extensas, como por exemplo uma bacia hidrográfica, as planícies aluviais são comumente reconhecidas como corredores de fauna e flora, para movimentos de animais e dispersão de plantas (GREGORY *et al.*, 1991). No entanto, a interpretação da planície aluvial como classe de paisagem em uma análise multiescala (WIENS, 1989) possibilita identificar as particularidades desse ambiente a partir da modelagem das propriedades estruturais e espaciais, gerando informações que auxiliem na compreensão dos processos envolvendo a organização e a evolução do mosaico, levando em conta as implicações do manejo em cenários distintos ao longo do tempo (BAKER, 1989; TURNER *et al.*, 2001).

Dendroecologia da dinâmica da paisagem aluvial

As espécies lenhosas crescem em função da atividade do câmbio vascular, sendo que o incremento em cada indivíduo, em anéis de crescimento, é regulado por fatores genéticos e ambientais, como mudanças climáticas ou disponibilidade de recursos (STOKES; SMILEY, 1968; WIMMER, 2002). De forma geral, os anéis de crescimento são compostos por duas partes, o lenho inicial, de tonalidade mais clara, que corresponde ao crescimento no início do período vegetativo, geralmente na primavera, e o lenho tardio, de tonalidade escura, que é formado no período final do crescimento vegetativo (BOTOSSO; MATTOS, 2002; WALKER, 2005). O que resulta ao longo do desenvolvimento do indivíduo é um padrão de espaçamento dos anéis em que, cada anel ou grupo destes, corresponde à idade do indivíduo e a eventos de estresse (WALKER, 2005).

A Dendroecologia é um ramo das ciências florestais que se ocupa da análise dos padrões de crescimento dos anéis de espécies em busca de características que relacionem a idade das árvores e diferentes fenômenos ambientais, com o intuito de verificar condições e eventos passados (WALKER, 2005). Os estudos dendroecológicos interpretam os padrões de desenvolvimento periódico dos anéis em resposta ao meio para estimar fenômenos ambientais. Sendo assim, torna-se possível revelar quais os fatores, naturais ou antrópicos, que influenciam no desenvolvimento de indivíduos e avaliar seus impactos nas comunidades vegetais (STOKES; SMILEY, 1968; WALKER, 2005).

A técnica apresenta um amplo campo de pesquisa, além de simplesmente estimar a idade de árvores, como discernir eventos ambientais, detectar variações climáticas, atividade vulcânica, ocorrência de incêndios, e datar séries históricas de precipitação (WALKER, 2005). No entanto, algumas dificuldades podem surgir nas análises dos anéis. Regiões com pouca variação meteorológica, onde as oscilações de baixa amplitude impõem níveis mínimos de estresse sobre as árvores, podem resultar em anéis com praticamente nenhuma variação de largura. Em contrapartida, em ambientes onde ocorrem mudanças meteorológicas radicais, as árvores podem não produzir anéis em determinado período, apresentar material celular apenas em parte do caule, anéis duplos, tornando difícil o reconhecimento preciso, ou produzir anéis bem marcados e distintos (WALKER, 2005).

A partir da padronização de séries de anéis por suas semelhanças podem ser gerados índices de largura de anéis empregando técnicas estatísticas, como a análise de regressão, e avaliar as características dos padrões de crescimento de indivíduos de uma área (GRISSINO-MAYER, 2001; WALKER, 2005). Nesse sentido, a integração dessa ferramenta nas análises da paisagem aluvial pode gerar informações que ajudem a esclarecer as relações da dinâmica dessas áreas com fatores ambientais e intervenções antrópicas dos últimos anos.

Área de estudo

Este estudo contempla a planície aluvial do segmento montante do rio Pitangui, no Primeiro Planalto Paranaense, a montante da Represa de Alagados. Esse recorte espacial abrange o trecho do rio que flui por terrenos de baixa declividade, com ampla planície de inundação periódica às margens, diferentemente do segmento jusante, encaixado em vales. Na planície aluvial foram realizados os estudos de dinâmica da paisagem e demarcados pontos amostrais para coleta de amostras para os estudos dendroecológicos.

A bacia do rio Pitangui está localizada na região centro-oriental do estado do Paraná – Brasil, entre as coordenadas 25°07'38" e 25°49'06" S de latitude e 49°46'40" e 50°17'38" W de longitude, abrangendo 927,3 km² nos municípios de Ponta Grossa, Carambeí e Castro. O rio nasce e drena áreas no Primeiro Planalto Paranaense, entre

1.109 e 925 metros s.n.m., continuando seu curso no Segundo Planalto, após transpor o desnível da Escapa Devoniana.

Enquanto que no Segundo Planalto os cursos d'água da bacia frequentemente fluem escavando cânions em rochas sedimentares, no Primeiro, os principais rios formam extensas planícies, depositando sedimentos sobre rochas graníticas (MELO *et al.*, 2010).

A área de estudo está inserida em uma bacia hidrográfica multifuncional, com paisagens singulares, exposição de rochas, cânions, cachoeiras, sítios arqueológicos, utilizada para diversas finalidades e atividades humanas (MELO *et al.*, 2010), portanto, de alto valor socioeconômico, visto que abastecem cidades da região e contribuem para a matriz energética nacional (UEPG/NUCLEAM, 2002).

O rio permeia por áreas pautadas como Alta e Extremamente Alta Importância para a Conservação, de acordo com o Probio (MMA/SBF, 2002), reconhecidas oficialmente pelo Governo Federal através do Decreto Nº 5092/2004 e da Portaria MMA 09/2007, e de áreas campestres valiosas do Cone-Sul (GRANDO *et al.*, 2004). A bacia do rio Pitangui compartilha áreas com duas importantes Unidades de Conservação, o Parque Nacional dos Campos Gerais (GOVERNO FEDERAL – DECRETO DE 23 DE MARÇO DE 2006), entre os municípios de Ponta Grossa, Carambeí e Castro, e a Área de Proteção Ambiental Estadual da Escarpa Devoniana (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ – DECRETO Nº 1.231, DE 27 DE MARÇO DE 1992), que compreende uma parte significativa da região dos Campos Gerais.

A bacia do rio Pitangui representa as características de uma região marcada por rios antecedentes que fluem por amplas planícies no Primeiro Planalto, em particular, por resguardar cobertura vegetal predominantemente nativa ao longo da planície aluvial, bem como por apresentar padrões de uso do solo típicos.

Pontos amostrais

Para este estudo foram demarcados sete pontos amostrais para a coleta de amostras do lenho dos branquinhos para os estudos dendroecológicos (Figura 1). A demarcação dos pontos levou em conta, primeiramente, os resultados dos estudos de dinâmica da paisagem, sendo selecionadas áreas distintas quanto à preservação, demarcando-se pontos em áreas mais preservadas e áreas que foram alteradas. Foram consideradas como áreas preservadas aquelas que não apresentaram modificações na cobertura do solo ao longo do período analisado na dinâmica, enquanto que foram consideradas como áreas antrópicas aquelas que sofreram alterações para o uso antrópico durante o período analisado.

A caracterização dos sete pontos amostrais de coleta de amostras do lenho das árvores incluiu a altitude em relação ao nível do mar, profundidade do lençol freático no momento da coleta, profundidade do horizonte com gleização e aspectos sobre a vegetação, seguidos dos mapas dos locais e registros fotográficos (Apêndice 1).

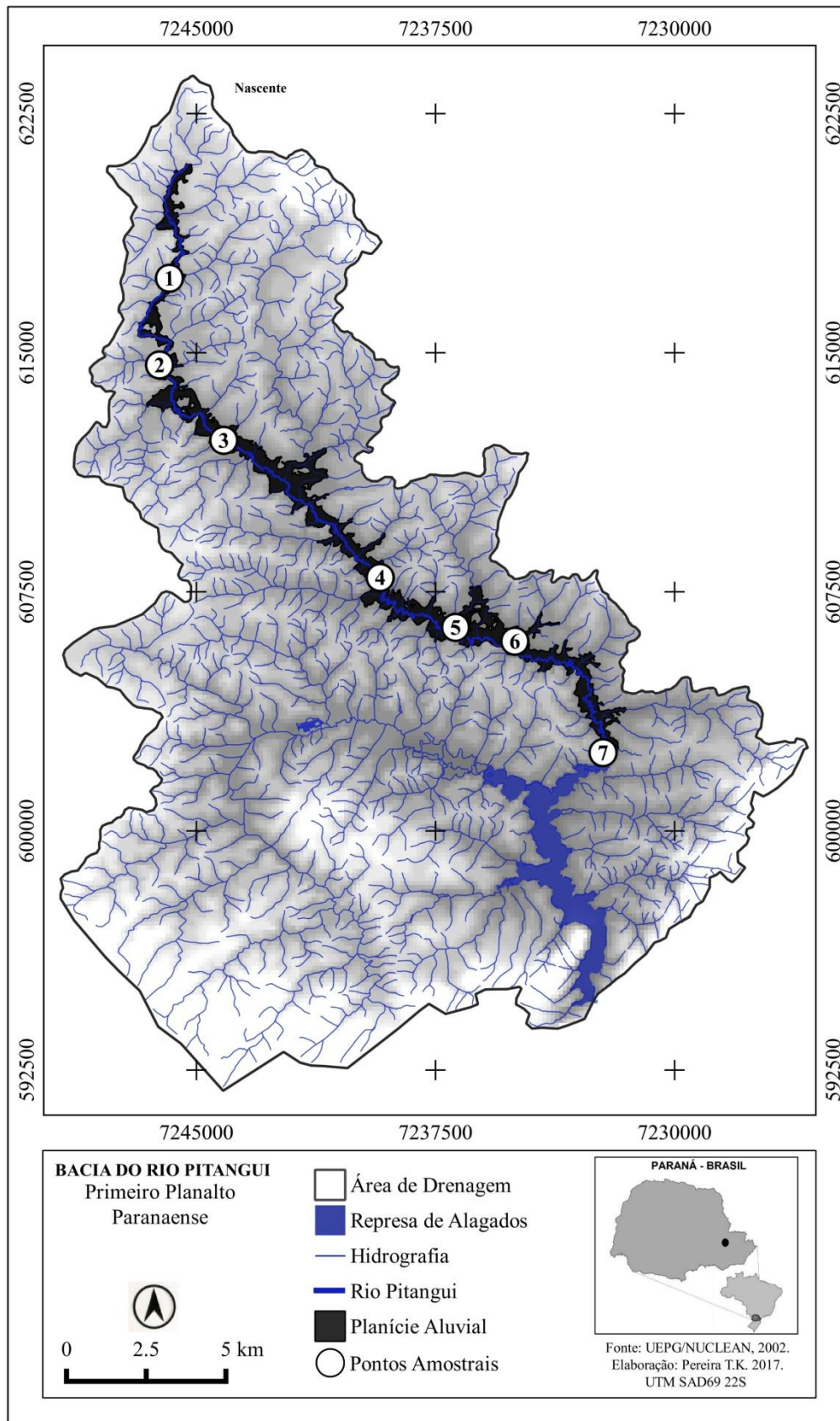


Figura 1: Localização da área de estudo e dos sete pontos amostrais: planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil. Fonte: UEPG/NUCLEAM, 2002.

Geologia regional

A planície aluvial do rio Pitangui se acomoda sobre sedimentos inconsolidados desenvolvidos durante o Quaternário recente (Holoceno), período caracterizado pelo acúmulo de sedimentos nos vales dos rios com formação de várzeas e terraços fluviais (MAACK, 1947) (Figura 2). Embasando esses sedimentos estão rochas do Complexo Granítico Cunhaporanga, formado por batólitos alojados na direção NE-SW, relacionados à fase tectônica pré-colisional do Ciclo Orogênico Brasileiro-Panafricano, do Proterozóico Superior (800-700 Ma.) (PRAZERES FILHO *et al.*, 2003; MINEROPAR, 2001). Prazeres Filho *et al.* (2003) descrevem duas unidades do complexo que ocorrem sob a planície: a Unidade Ribeirão Butiá (URB), predominante na área, constituída por hornblenda biotita monzogranitos a granodioritos porfíricos; e a Unidade Granítica Santa Rita (USR), restrita à região superior do Pitangui, constituída por biotita monzogranitos porfíricos.

As nascentes do Pitangui estão sobre rochas da Formação Itaiacoca, compreendendo mármore desenvolvidos em ambiente de plataforma carbonática em *rift* de margem continental. Na transição para o Segundo Planalto ocorrem rochas sedimentares da Formação Furnas, depositadas em ambiente aluvial, no Devoniano, constituídas por arenitos de granulometria média a grossa com estratificação cruzada e horizontal (MINEROPAR, 2001).

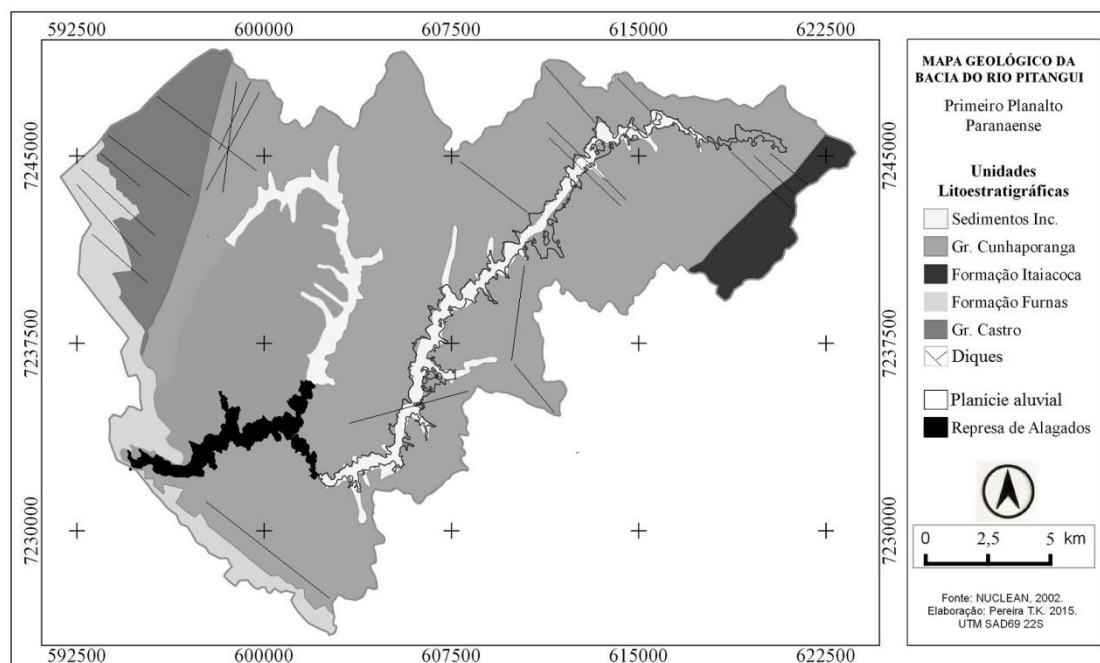


Figura 2: Geologia do segmento da bacia do rio Pitangui no Primeiro Planalto Paranaense. Fonte: MINEROPAR, 2001.

Ao longo das planícies, bem como em toda a bacia, ocorrem inúmeros diques intrusivos de diabásio e diorito, orientados na direção NW-SE, relacionados com a reativação do Arco de Ponta Grossa durante a evolução da Bacia do Paraná, no Mesozóico (MINEROPAR, 2001).

Contexto geomorfológico

O estado do Paraná apresenta um arranjo geomorfológico escalonado, caracterizado pela segmentação do relevo em planaltos com caimento para oeste e norte, revelando o forte controle do arcabouço geológico sobre estruturas geomorfológicas. O rio Pitangui, assim como outros rios paranaenses, percorre por áreas de baixa declividade, frequentemente inundando planícies no Primeiro Planalto, e ao atravessar o desnível natural imposto pela Escarpa Devoniana e adentrar no Segundo Planalto, o curso sofre um estreitamento e segue escavando cânions até sua foz no rio Tibagi (MINEROPAR, 2006; MELO *et al.*, 2010).

A planície aluvial estudada está situada na porção inferior da unidade morfoescultural do Planalto de Castro, caracterizada pela predominância de áreas com declividade menor que 6%, formas com topos alongados e aplainados, vertentes convexo-côncavas e vales abertos de fundo chato, onde a direção geral da morfologia é NW/SE (MINEROPAR, 2006) (Figura 3). Por consequência, essas áreas acomodam extensas planícies de inundação ao longo dos principais rios.

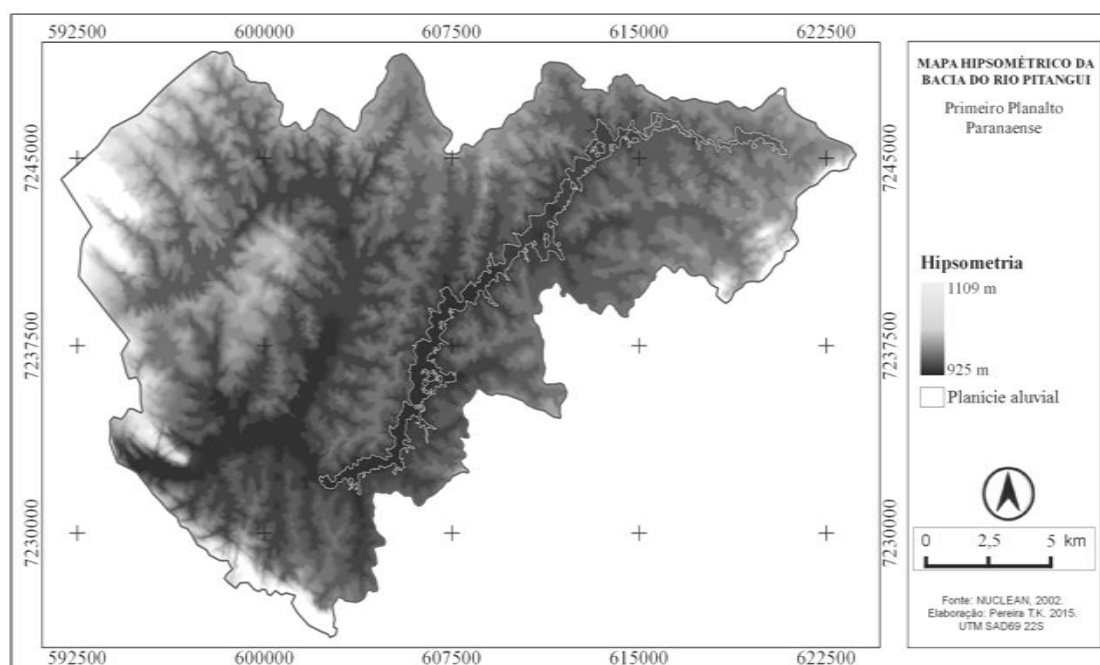


Figura 3: Hipsometria do segmento da bacia do rio Pitangui no Primeiro Planalto Paranaense. Fonte: UEPG/NUCLEAM, 2002.

Clima regional

O clima na região é do tipo Cfb de acordo com a classificação de Koeppen, isto é, zona temperada sempre úmida, com mais de cinco geadas noturnas anualmente. A temperatura média anual na região varia em torno de 18° e 19° C, e a precipitação média anual entre 1.400 e 1.800 mm. O período mais seco ocorre entre os meses de junho e agosto, com média de 250 a 350 mm, e o período mais chuvoso ocorre entre os meses de dezembro e fevereiro, com média de 500 a 600 mm (IAPAR, 2006).

Hidrografia da bacia do rio Pitangui no Primeiro Planalto Paranaense

A hidrografia da região se caracteriza pela ocorrência de rios antecedentes, que no percurso escavam passagens para atravessar barreiras naturais, pois são mais antigos que a configuração atual do relevo (MELO *et al.*, 2007). A influência dos fatores geológicos faz com que os rios fluam encaixados nos lineamentos estruturais, apresentando padrão subparalelo a subdendrítico (UEPG/NUCLEAM, 2002) (Figura 4).

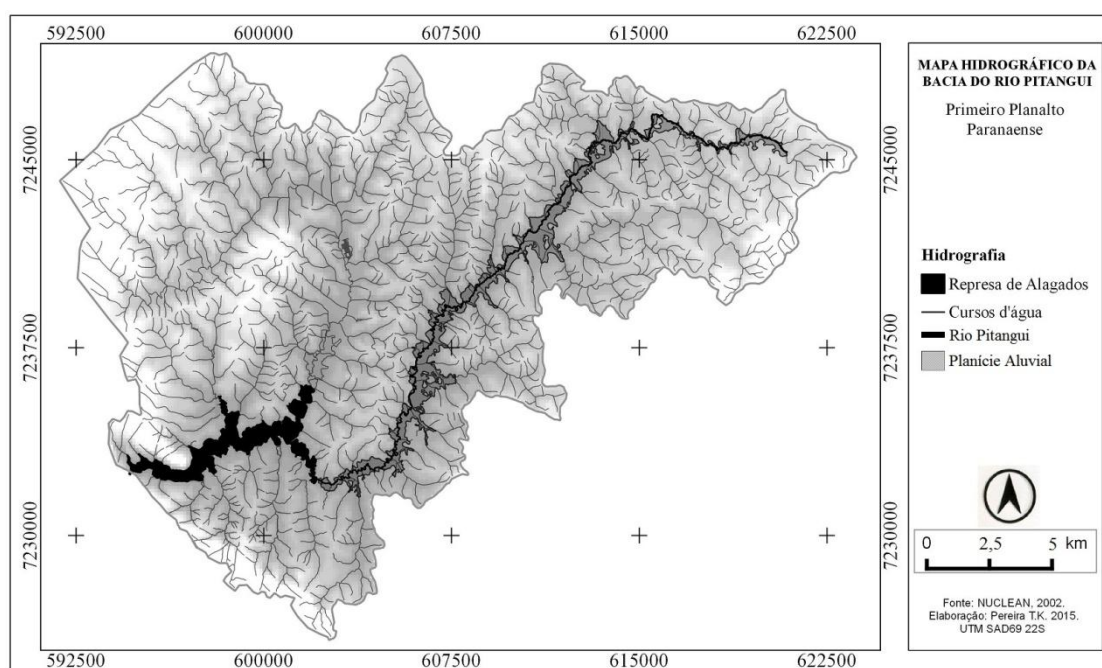


Figura 4: Hidrografia do segmento da bacia do rio Pitangui no Primeiro Planalto Paranaense. Fonte: UEPG/NUCLEAM, 2002.

Solos da planície aluvial do rio Pitangui

Os solos da planície são principalmente ORGANOSSOLOS MÉSICOS sápricos associados a GLEISSOLOS MÊLANICOS Distróficos (Figura 5).

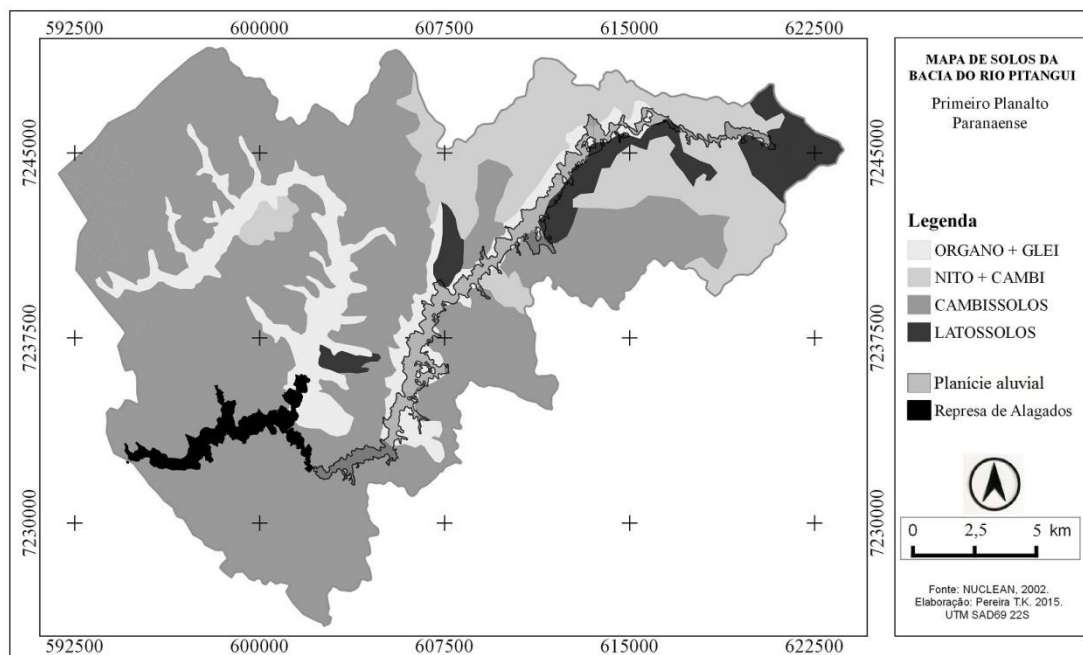


Figura 5: Mapa de solos da bacia do rio Pitangui no Primeiro Planalto Paranaense. Fonte: BOGNOLA *et al.*, 2002; FASOLO *et al.*, 2002.

Para o restante da bacia, em contato com os solos das planícies de inundação, há ampla distribuição de CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, além de LATOSSOLOS BRUNO e VERMELHO e NITOSSOLO HÁPLICO Latossólico, na região superior do Pitangui (BOGNOLA *et al.*, 2002; FASOLO *et al.*, 2002).

Vegetação nativa da planície aluvial do rio Pitangui

A vegetação nativa encontrada na região onde está inserida a planície do rio Pitangui pertence à floresta com araucária, classificada como Floresta Ombrófila Mista – FOM, uma unidade do Bioma Mata Atlântica expressa naturalmente nos planaltos sul-brasileiros, geralmente entre 400 a 1.200 metros de altitude (IBGE, 2012). A região de ocorrência dessa floresta é caracterizada pela presença do pinheiro *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, espécie natural de zonas temperadas, que se distribui principalmente pelos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (CASTELLA; BRITZ, 2004).

A vegetação da planície aluvial do rio Pitangui é formada por comunidades vegetais adaptadas à hidromorfia do solo, agrupando espécies hidrófilas e higrófilas que se desenvolvem em ambientes influenciados pelo lençol freático ascensional (terrenos moderadamente a mal drenados), diferente das espécies mesófilas, que se desenvolvem sobre solos não-hidromórficos (terrenos bem a excessivamente drenados) (CURCIO *et al.*, 2007). De acordo com a classificação do IBGE (2012) a planície apresenta cobertura vegetal formada por um mosaico constituído por manchas de florestas aluviais da Floresta Ombrófila Mista – F.O.M. Aluvial combinadas com áreas de vegetação

herbáceo-arbustiva pioneira, denominada Vegetação com Influência Aluvial, comumente conhecida como várzeas, um tipo de vegetação hidrófila de primeira ocupação de caráter edáfico que se desenvolve nos terrenos rejuvenescidos pelos seguidos alagamentos e deposição de sedimento (IBGE, 2012).

As áreas florestais, ocupando solos minerais hidromórficos e semi-hidromórficos, são caracterizadas por *Gymnanthes klotzschiana* (Euphorbiaceae), no estrato arbóreo contínuo, ocupando solos com maior saturação hídrica, combinada com espécies como *Blepharocalyx salicifolius* e *Campomanesia xanthocarpa* (Myrtaceae), *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) e *Salix humboldtiana* (Salicaceae), no estrato superior, e *Myrcia oblecta*, *Myrciaria tenella*, *Myrceugenia euosma*, *Calypttranthes concinna*, *Eugenia uniflora* e *Myrrhinium atropurpureum* (Myrtaceae), *Allophylus edulis* (Sapindaceae), *Daphnopsis racemosa* (Thymelaeaceae), *Guettarda uruguensis* (Rubiaceae), *Myrsine umbellata* (Primulaceae), dentre outras, no estrato inferior (BARDDAL *et al.*, 2004; MORO, 2010; RODERJAN *et al.*, 2002).

As áreas de várzea são formadas por espécies herbáceo-arbustivas adaptadas aos terrenos periódica ou permanentemente inundados da planície aluvial, com composição que varia conforme a saturação hídrica das áreas, integrando comunidades de alta diversidade. As comunidades de maior porte (1 a 2 m) são geralmente dominadas por uma ou mais espécies como *Paspalum exaltatum*, *Paspalum falcatum*, *Andropogon lateralis*, *Andropogon virgatus*, *Saccharum asperum*, *Saccharum angustifolium*, *Arundinella hispida*, *Axonopus polystachyus* (Poaceae), *Eryngium ebracteatum* (Apiaceae) e *Rhynchospora corymbosa* (Cyperaceae), que ocupam paleocanais onde predominam Organossolos Háplicos, comumente associadas a *Typha domingensis* (Typhaceae) (KOZERA *et al.*, 2009; RODERJAN *et al.*, 2002).

Nas áreas permanentemente saturadas a vegetação apresenta um porte menor (1 m), com predomínio de espécies herbáceas como *Eriocaulon ligulatum* (Eriocaulaceae), *Eleocharis nudipes* (Cyperaceae), *Lipocarpha humboldtiana* e *Austroeupatorium rosmarinaceum* (Asteraceae) e *Melasma rhinanthoides* (Scrophulariaceae). Nas áreas alçadas, onde ocorre Gleissolos Melânicos e maior variação na flutuação do lençol, as comunidades apresentam espécies herbáceo-arbustivas como *Vernonanthura chamaedrys* e *Vernonanthura nudiflora* (Asteraceae), *Hyptis fasciculata*, *Hyptis balansae* e *Rhabdocaulon lavanduloides* (Lamiaceae) e *Mimosa lanata* (Fabaceae), além daquelas mencionadas anteriormente (KOZERA *et al.*, 2009).

Nas bacias de inundação ocorrem macrófitas como *Azolla caroliniana*, *Salvinia auriculata* (Salviniaceae), *Begonia cucullata* (Begoniaceae), *Echinodorus grandiflorus* (Alismataceae), *Eleocharis sellowiana* (Cyperaceae), *Ludwigia elegans* (Onagraceae), *Myriophyllum aquaticum* (Haloragaceae), *Juncus microcephalus* (Juncaceae), *Nymphoides indica* (Menyanthaceae), *Polygonum hydropiperoides* (Polygonaceae) e *Pontederia cordata* (Pontederiaceae) (KOZERA *et al.*, 2009; MORO, 2010).

Nos interflúvios ocorrem naturalmente espécies da Floresta Ombrófila Mista Montana em fragmentos intercalados com áreas de uso agropecuário e com áreas campestres nativas no limite com o Segundo Planalto (MORO, 2010).

Uso do solo na bacia hidrográfica do rio Pitangui

O uso do solo da região apresenta longo histórico de intervenções, que inclui a retirada intensa de araucárias na década de 1940 até aproximadamente os anos de 1949-1951 (LAVALLE, 1993; BITTENCOURT, 2013) e, em menor proporção na bacia do Pitangui, a supressão das florestas secundárias, consecutivamente, a cada 4 ou 5 anos, dando lugar a plantações extensivas (MAACK, 1981). Posteriormente, a expansão do agronegócio promoveu a abertura de novas áreas de cultivo (FRANCO; PEREIRA, 2008).

Atualmente, o uso é caracterizado pela agricultura em médias e grandes propriedades, bem como unidades rurais de base familiar. As atividades agropecuárias intensivas típicas da região envolvem grandes parcelas do território, uso elevado de fertilizantes químicos e agrotóxicos (WEIRICH NETO; ROCHA, 2007; ROCHA; WEIRICH NETO, 2010). Também são desenvolvidas atividades como pecuária extensiva e leiteira, reflorestamento com espécies arbóreas exóticas, mineração, além de áreas urbanizadas com estradas e pontes de acesso aos moradores e escoamento da produção, que favoreceram a conversão de paisagens naturais de alto valor ecológico em paisagem rural de alto valor econômico agregado (ROCHA; WEIRICH NETO, 2010).

Na bacia, como em toda a região, o avanço da agricultura próxima às nascentes e corpos hídricos compromete parte das áreas de preservação permanente e provoca diversos outros problemas ambientais, como erosão e contaminação da água (UEPG/NUCLEAM, 2002). A intervenção mais drástica foi o represamento do rio Pitangui, em 1939, com finalidade original de geração de energia elétrica, que incluiu mais tarde, em 1977, o fornecimento de água para abastecimento público, atividades de lazer e recreação, balneário, pesca e prática de esportes aquáticos (UEPG/NUCLEAM, 2002).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J. D. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, p. 257-284, 2004.
- ARIZPE, D.; MENDES, A.; RABAÇA, J. E. (Eds.). **Sustainable Riparian Zones: a Management Guide**. Generalitat Valenciana, 2008. 287 p.
- BAKER, W. L. A review of models of landscape change. **Landscape Ecology**, v. 2, n. 2, p. 111-133, 1989.
- BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Fitossociologia do sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no município de Araucária, PR. Santa Maria: **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1, p. 35-45, 2004.
- BITTENCOURT, J. S. **O Indez: nossa vida, nossa lida**. Ponta Grossa: Estúdio Texto, 2013.

BOGNOLA, I.A.; POTTER, R.O.; CARVALHO, A.P.; FASOLO, P.J.; BHERING, S.B.; MARTORANO, L.G. Caracterização dos solos do município de Carambeí, PR. EMBRAPA/CNPS. Rio de Janeiro: **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 8, 2002.

BOTOSO, P.C. MATTOS, P. P. Conhecer a idade das árvores: importância e aplicação. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2002. 25p. (Documentos, 75).

CASTELLA, P.R.; BRITEZ, R.M. **A Floresta com Araucária no Paraná: Conservação e Diagnóstico dos Remanescentes Florestais**. Brasília: MMA, 2004. 236 p.

CURCIO, G. R. **Relações entre Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Fitossociologia nas planícies fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. Curitiba, 2006, 510 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná.

CURCIO, G. R.; DE SOUSA, L. P.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L. Recomendação de espécies arbóreas nativas, por tipo de solo, para recuperação ambiental das margens da Represa do rio Iraí, Pinhais, PR. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 1, p.113-122, jan./abr. 2007.

FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; BOGNOLA, I. A.; BHERING, S. B.; MARTORANO, L. G. Caracterização dos Solos do Município de Castro, PR. EMBRAPA/CNPS. Rio de Janeiro: **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 9, 2002.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619p.

FORMAN, R.T.T. Some general principles of landscape and regional ecology. **Landscape Ecology**, v. 10, n. 3, p. 133-142, 1995.

FRANCO, J.; PEREIRA, M. F. Crescimento e modernização do setor agropecuário paranaense: no período de 1970 a 2004. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 187-210, maio/ago. 2008.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976.

GEALH, A. M.; MELO, M. S.; MORO, R. S. **Pitangui, rio de contrastes: seus lugares, seus peixes, sua gente**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2010.

GRANDO JR, E.; BORNSCHEIN, M.; MORO, R.S.; CARMO, M.R.B; BARBOLA, I.F.; TARDIVO, R. Campos Gerais: Norte e Sul. In: BILENCA, D.N.; MINARRO, F. **Identificación de áreas valiosas de pastizal (AVPs) en las Pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil**. Buenos Aires: FVSA, 2004. p. 206-209.

GREGORY, S.V.; SWANSON, F.J.; McKEE, W.A.; CUMMINS, K.W. An ecosystem perspective of riparian zones. Focus on links between land and water. **BioScience**, v. 41, p. 540-551, 1991.

GRISSINO-MAYER, H. D. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. **Tree-Ring Research**, v. 57, n. 2, p. 205-221, 2001.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. **Mapas climáticos do Estado do Paraná**. 2006. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/iapar/sma/Rosa_dos_ventos.htm>. Acesso em: 31 de mar. de 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275p.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. **Terra e Cidadania:** Marcos Institucionais e Documentos. Curitiba: ITCG, 2008. 3v.

JIMENEZ, J. A. G. Dendrocronología en el trópico: Aplicaciones actuales y potenciales. **Colombia forestal**, v. 14, n. 1, p. 97-111, 2011.

KOZERA, C.; KUNIYOSHI, Y. S.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Composição florística de uma formação pioneira com influência fluvial em Balsa Nova, PR, Brasil. Curitiba: **Floresta**, v. 39, n. 2, p. 309-322, 2009.

KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS. 1.2003. Alfredo Wagner. **Anais...** p. 43.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004.

LAVALLE, A. M. A participação da madeira na economia paranaense. Ponta Grossa: **Publicatio UEPG**, v.1, n.1, p. 47-114, 1993.

MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 2, pp. 63-154, 1947.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Banco de Desenvolvimento do Paraná. Universidade Federal do Paraná. Instituto de Biologia e Pesquisa Tecnológica. Curitiba, 1981. 450p.

McGARIGAL, K.; CUSHMAN, A. S.; NEEL, M. C.; ENE, E. **FRAGSTATS v3:** Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Amherst: University of Massachusetts, 2002.

MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; RAMOS, A. F.; PRIETO, C. C. Relevô e Hidrografia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Eds.). **Patrimônio Natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. Cap.4. p.49-58.

MELO, M. S.; GUIMARAES, G. B.; SANTANA, A. C. Fisiografia da bacia do Rio Pitangui. In: GEALH, A. M.; MELO, M. S.; MORO, R. S. (Orgs.). **Pitangui, rio de contrastes:** seus lugares, seus peixes, sua gente. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2010. Cap. 1. p. 11-21.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1 e 2, p. 1-9. 2001.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba, 2001. 116p.

MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**. Curitiba, 2006. 63p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente/SBF – Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Biodiversidade Brasileira:** avaliação e identificação de áreas prioritárias para conservação, utilização sustentável e repatriação de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404p.

MORO, R. S. Vegetação em pedoambientes ripários dos Campos Gerais do Paraná, Brasil: uma revisão bibliográfica. Ponta Grossa: **Terr@Plural**, v. 4, n. 2, p. 179-192. 2010.

NRC – National Research Council. **Riparian Areas:** Functions and Strategies for Management. Washington, D.C: National Academy Press, 2002. 444p.

PRAZERES FILHO, H. J.; HARARA, O. M.; BASEI, M. A. S.; PASSARELLI, C. R.; SIGA JUNIOR, O. Litoquímica, Geocronologia U-Pb e Geologia Isotópica (Sr-Nd-Pb) das Rochas Graníticas dos Batólitos Cunhaporanga e Três Córregos na Porção Sul do Cinturão Ribeira, Estado do Paraná. **Geol. USP Sér. Cient.**, São Paulo, v. 3, p. 51-70, 2003.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. Santa Maria: **Ciência&Ambiente**, n. 24, p. 75-92, 2002.

ROCHA, C. H.; WEIRICH NETO, P. H. Padrões de uso das terras e implicações ambientais. In: GEALH, A. M.; MELO, M. S.; MORO, R. S. (Orgs.). **Pitangui, rio de contrastes: seus lugares, seus peixes, sua gente**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2010. Cap. 2. p. 23-41.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree-rings and environment dendroecology**. Vienna: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research/ Berne/ Stuttgart, Vienna: Haupt, 1996. 609 p.

STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **An Introduction to Three-ring Dating**. Chicago: University of Chicago Press, 1968. p. 73.

TOREZAN, J. M. D. Notas sobre a vegetação da bacia do Tibagi. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. PIMENTA, J. A. (Eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, 2002. P 103-107.

TURNER, M. G. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 20, p. 171-197, 1989.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V. **Landscape Ecology: in theory and practice**. New York: Springer-Verlag, 2001. 404 p.

TURNER, M.G. Landscape Ecology: What Is the State of the Science? **Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 36, p. 319-44, 2005.

UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa/ NUCLEAM – Núcleo de Estudos em Meio Ambiente. **Bacia hidrográfica do manancial Alagados**. Ponta Grossa, 2002. Relatório técnico (CD-ROM).

WALKER, M. **Quaternary dating methods**. London: John Wiley & Sons. 2005. 286 p.

WEIRICH NETO, P. H.; ROCHA, C. H. Caracterização da produção agropecuária e implicações ambientais nos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Eds.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2007. p. 181-190.

WIENS, J.A. Spacial scale in Ecology. **Functional Ecology**, v.3, p. 385-397, 1989.

WIMMER, R. Wood anatomical features in tree-rings as indicator of environmental change. **Dendrochronology**, v. 20, n. 1-2, p.21-36, 2002.

CAPÍTULO I

DINÂMICA DA PAISAGEM ALUVIAL DO RIO PITANGUI ENTRE 1953 E 2012

RESUMO

Neste trabalho analisou-se a dinâmica espaço-temporal da paisagem aluvial do rio Pitangui, nos municípios de Castro, Carambeí e Ponta Grossa. Foram considerados os anos de 1953, 1980, 2001 e 2012 para verificar os efeitos dos sucessivos ciclos econômicos sobre a paisagem aluvial da região dos Campos Gerais. Empregou-se análise espacial, métricas e indicadores para acompanhar as unidades da paisagem – vegetação florestal (VF), herbácea (VH) e áreas antrópicas (AA). Em 1953, a vegetação nativa constituía 99,5% da área; em 1980, as transformações ocorridas expressam mudanças nas práticas de uso, com a exploração de madeira como fonte energética e abertura gradativa de áreas para agricultura - áreas de VF diminuíram 13,4%. Em 2012 as AA, algumas com alta intensidade de uso agrícola, passam a ocupar 12% da planície aluvial (175,5ha). Enquanto a VF expandiu 5,5%, possivelmente pela mudança nas formas de exploração e intensificação de ações voltadas para a preservação de florestas aluviais, áreas de VH contabilizaram uma redução de 14,5%, substituídas principalmente por áreas agricultáveis e, recentemente, por plantios de arbóreas exóticas. Embora se perceba pouca variação nos índices de forma e conectividade, foi constatado um aumento na heterogeneidade da paisagem devido à fragmentação imposta pelas AA intercaladas. Os resultados evidenciam a influência dos períodos econômicos, vinculados a interesses socioambientais e dispositivos legais, na dinâmica da paisagem. A VH foi a mais afetada, o que remete às práticas de manejo e às políticas públicas equivocadas no passado, e que a recente aprovação da Lei Florestal torna consolidados.

Palavras-chave: Planície aluvial; mudanças espaço-temporais; uso do solo.

ABSTRACT

In this paper, was analyzed the space-temporal dynamics of alluvial landscape of *Pitangui* River, in Castro, Carambeí, and Ponta Grossa. Was considered the years of 1953, 1980, 2001 and 2012 to verify the effects of successive economic cycles on the alluvial landscape in *Campos Gerais* region. It was employed spatial analysis, metrics and indicators to monitor the landscape units - forest vegetation (VF), herbaceous one (VH) and land use (AA). In 1953, native vegetation comprehended 99.5% of the area; in 1980, the changes expressed transformation in practices of use, exploitation of wood as energy sources and gradual opening of agricultural areas - VF areas decreased 13.4%. In 2012 the AA, some with high intensity agricultural use, they occupy 12% of the alluvial

plain (175, 5ha). While the VF expanded 5.5 percent, possibly due to the change in the forms of exploitation and intensification of actions directed to the preservation of riparian forests, VH areas accounted for a 14.5% reduction, replaced mostly by farm lands and, recently, by exotic plantations. Although was could notice little variation in shape and connectivity, it was found an increase in landscape heterogeneity due to fragmentation imposed by AA interspersed. The results show the influence of economic cycles, linked to environmental and legal interests, on the landscape changes. The VH was the most affected, which refers to management practices and misguided public policies in the past, which the recent approval of the forestry law makes consolidated.

Keywords: Flood plain; space-temporal dynamics; land use

INTRODUÇÃO

A paisagem pode ser definida, de forma abrangente, como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, tendo suas dimensões definidas conforme o interesse da análise (METZGER, 2001). Os processos oriundos da interatividade dos diversos agentes resultam em mudanças na paisagem, conferindo dinamismo e promovendo a constante evolução do mosaico (FORMAN; GODRON, 1986; TURNER, 1989). As mudanças podem ter causas naturais, como oscilações climáticas e processos ecológicos, ou pela ação humana, como desmatamento e cultivo agrícola, sendo interdependentes na paisagem, afetando-se uns aos outros conforme sua escala e intensidade.

A partir da modelagem cronológica das propriedades estruturais e espaciais de paisagens torna-se possível observar a organização do mosaico e avaliar as implicações das mudanças em cenários distintos, levando em conta as características dos processos ao longo do tempo (BAKER, 1989; TURNER *et al.*, 2001). Desta forma, a análise das mudanças espaço-temporais permite elucidar questões acerca dos processos, causas e consequências para a paisagem.

A planície aluvial estudada resguarda uma alta proporção de cobertura vegetal predominantemente nativa e apresenta os padrões de uso do solo regionais. Na região, as transformações socioeconômicas e tecnológicas iniciadas em meados de 1960, com a modernização e expansão da agricultura modificando áreas naturais (CODESUL, 1976; FRANCO; PEREIRA, 2008), estimularam avanços nas formas de manejo e ações voltados para o uso racional e monitoramento do patrimônio natural, incluindo técnicas agrícolas, dispositivos legais e levantamentos por sensoriamento remoto. Mesmo ciente de experiências equivocadas do passado, áreas ainda são utilizadas sem considerar o potencial de impactos possíveis.

A abordagem da paisagem aluvial para análise incide sobre o valor ambiental e socioeconômico dos recursos hídricos, devido à interdependência dessas áreas com a água e sua importância para a manutenção dos processos hidroecológicos (MALANSON, 1993). Com tal característica, inclui a única porção da bacia

potencialmente protegida de intervenções pela legislação ambiental. Porém, a avaliação da paisagem considerando as áreas ribeirinhas mereceu até o momento pouca atenção.

Neste trabalho buscou-se analisar os processos de mudanças na paisagem aluvial do rio Pitangui em sua porção no Primeiro Planalto, entre 1953 e 2012, com o objetivo de verificar se: (i) Os principais promotores das mudanças na paisagem foram atividades humanas? (ii) Em qual época as alterações foram mais intensas? (iii) Qual a região da planície foi mais afetada pela instalação de áreas antrópicas?

MATERIAL E MÉTODOS

Base cartográfica

Para o estudo foram utilizadas fotos aéreas dos anos 1953 e 1980 (1:25.000 – resolução de 1 m) disponibilizadas pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências – ITCG, ortofotos de 2001 juntamente com arquivos vetoriais da rede hidrográfica e curvas de nível (1:10.000 – resolução de 1 m), cedidas pelo Núcleo de Estudos em Meio Ambiente da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/NUCLEAM, e imagens do satélite *RapidEye* de 2012 (1:25.000 – resolução de 1 m), cedidas pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA. A base cartográfica foi preparada a partir das ortofotos de 2001, nas quais foram demarcados pontos de controle para a justaposição das imagens de cada ano, visando padronizar a vetorização dos polígonos. A base cartográfica foi elaborada empregando a projeção UTM, Datum SAD69, zona 22S.

Delimitação e classificação do uso do solo

A delimitação da área e o delineamento dos polígonos referentes às unidades de paisagem foram realizados manualmente por interpretação visual dos mosaicos das imagens dos anos de 1953, 1980, 2001 e 2012. Para a identificação das áreas foi considerado o porte da cobertura vegetal, em termos de coloração e textura da imagem, e sua relação com a topografia, posteriormente verificadas em campo. Como critério, foi considerado apenas o curso lótico do rio, descartando os trechos lênticos da região represada em Alagados. Para a definição da amplitude lateral, foi adotado o nível máximo das inundações periódicas identificado com o auxílio de curvas de nível e características das imagens analisadas (ARIZPE *et al.*, 2008; ATTANASIO *et al.*, 2006).

Adicionalmente, para maior precisão, foram realizadas prospecções de solos transversais ao canal para diferenciar os solos hidromórficos e semi-hidromórficos dos não-hidromórficos, excluídos dos limites. A diferenciação considerou propriedades como a profundidade do caráter hidromórfico, cor, gleização e mosqueados (CURCIO, 2006), conforme características de horizontes e atributos diagnósticos (EMBRAPA, 2009).

A área foi compartimentada e classificada conforme a cobertura do solo (Figura 6) nas Unidades de Paisagem (UPs): Vegetação Florestal (VF); Vegetação Herbácea (VH); e Áreas Antrópicas (AA).

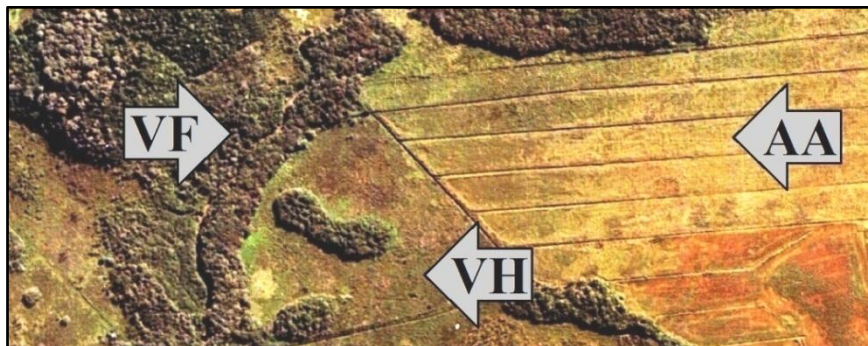


Figura 6: Foto aérea do ano 2001 como exemplo das UPs da planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil: (VF) Vegetação Florestal; (VH) Vegetação Herbácea; e, (AA) Áreas Antrópicas. Fonte: UEPG/NUCLEAM, 2002.

- *Vegetação florestal (VF)*: Áreas com vegetação classificada como Floresta Ombrófila Mista Aluvial (FOMA), composta por espécies arbustivo-arbóreas higrófilas estabelecidas em áreas hidromórficas e semi-hidromórficas (Figura 7).



Figura 7: Aspecto da vegetação florestal (VF) da planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

- *Vegetação herbácea (VH)*: Áreas com vegetação classificada como Vegetação com Influência Fluvial, composta por espécies herbáceo-arbustivas estabelecidas em áreas hidromórficas, conhecidas como várzeas (Figura 8).



Figura 8: Aspecto da vegetação herbácea (VH) da planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

- *Áreas antrópicas (AA)*: Áreas sem cobertura vegetal, terrenos drenados, lavouras, pastagens, estradas, pontes e benfeitorias contidas nos limites considerados, que caracterizem alteração na cobertura vegetal nativa (Figura 9).



Figura 9: Aspecto das áreas antrópicas (AA) – agrícola, no caso – da planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Análise da dinâmica da paisagem aluvial

Para cada ano amostral foram gerados índices e métricas com auxílio dos programas *FRAGSTATS 3.3 Build 5* (McGARIGAL *et al.*, 2002) e *LUCAT – Land-Use Change Analysis Tools 1.21* (FERRAZ *et al.*, 2009; FERRAZ *et al.*, 2011), que incluíram:

- *Área Total (TA)*: Equivale à área total e média das UPs ou da paisagem, em hectares.

$$TA = a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right)$$

Onde: a_{ij} : área dos polígonos da UP.

- *Número de Manchas (NP)*: Número de polígonos das UPs ou da paisagem.

$$NP = n_i$$

Onde: n_i : número de manchas

- *Porcentagem da Paisagem Ocupada pelas UPs (PLAND)*: Equivale à porcentagem da área ocupada pelos polígonos de cada Unidade da Paisagem.

$$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^N a_{ij}}{A} \quad (100)$$

Onde: P_i : proporção da paisagem ocupada pela UP; a_{ij} : área (m^2) da UP; A: área total da paisagem.

- *Índice de Diversidade de Shannon (SHDI)*: Este índice é comumente utilizado para comparação entre paisagens e/ou numa paisagem em diferentes tempos. Apresenta sensibilidade um pouco maior para tipos de manchas mais raras na paisagem, do que o Índice de Diversidade de Simpson. Seu valor aumenta positivamente a partir de zero, quando só há uma única mancha na paisagem (sem diversidade), aumentando conforme cresce o número de diferentes classes e/ou a distribuição proporcional da área entre as classes se torna mais equivalente.

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$$

Onde: P_i : proporção da paisagem ocupada pela classe i.

- *Índice de Uniformidade de Shannon (SHEI)*: Calculado para a paisagem, expressa a equivalência da distribuição da área entre as classes. O valor aumenta positivamente a partir de zero, quando só há uma única classe na paisagem ou é grande a desigualdade da distribuição da área das existentes, aumentando conforme a distribuição da área se torna mais equivalente.

$$SHEI = \frac{- \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)}{\ln m}$$

Onde: P_i : proporção da paisagem ocupada pela classe i; m: número de manchas da UP.

- *Índice de Interpolação/Justaposição (IJI)*: Representa aspectos da configuração da paisagem medindo a adjacência entre as classes. Mensura a adjacência entre as manchas das UPs. Varia de 0%, quando área de uma UP está adjacente a apenas uma outra, até 100%, quando todas UPs estão igualmente adjacentes entre si.

$$IJI = \frac{- \sum_{k=1}^m \left[\left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \ln \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m-1)}$$

Onde: e_{ik} : comprimento (m) da borda entre as UPs; m: número de manchas da UP.

- *Índice de Forma Médio das UPs (Shape)*: O índice de forma médio dos polígonos avalia a regularidade da distribuição espacial dos polígonos da UP. Mensura a borda total ajustada ao tamanho da paisagem. Varia de 1 (um), quando há uma única mancha quadrada, ao infinito positivo, aumentando a medida que as manchas se tornam mais irregulares, com incremento em área e aumento de bordas.

$$LSI = \frac{.25 \sum_{k=1}^m e_{ik}^*}{\sqrt{A}}$$

Onde: e_{ik} : comprimento (m) da borda entre as UPs; A: área total (m^2).

- *Distância Euclidiana Média entre as Manchas (ENN)*: Equivale à distância média (metros) borda a borda entre as manchas vizinhas mais próximas da mesma UP. Valores se aproximam de zero quando a distância diminui, em contrapartida, aumentam à medida que as manchas são mais distantes. Este índice pode ser usado para quantificar o isolamento das manchas.

$$ENN = \frac{h_{ij}}{n}$$

Onde: h_{ij} : distância (m) entre as manchas; n: número de manchas da UP.

- *Desvio Padrão (SD)*: Calcula o desvio padrão de uma métrica das manchas para a respectiva UP, o que permite observar como variam os dados.
- *Coeficiente de Variação (CV)*: Equivale ao desvio padrão da métrica dividido pela média e multiplicado por 100, para converter em percentagem.
- *Índice de Intensidade do Uso (LUI)*: Calculado para as AA, seu valor aumenta com a permanência da área antrópica ao longo do tempo, de 0 até 100%/ano, quando a área for totalmente convertida para AA no primeiro ano analisado e perdurar até o último.

$$LUI = 100 \sum_{i=1}^{n-1} \frac{[(DA_{i+1} - DA_i)(y_n - y_i)]}{[(n - 1)CS]}$$

Onde: DA: área convertida no ano i (ha); Y_i : ano i; n: número de anos avaliados; CS: tamanho do quadrante analisado.

- *Taxa de Conversão Anual (q)*: Calculada para VF e VH, quantifica as alterações da vegetação nativa, aumentando quanto mais rápidas forem as mudanças, de 0 até 100%/ano. Valores negativos representam redução de área ocupada, e positivos, regeneração da vegetação.

$$q = \left(\frac{MF_n}{MF_1} \right)^{1/(y_n - y_1)} - 1$$

Onde: MF_n : tamanho da UP no ano n (ha); MF_1 : tamanho da classe no primeiro ano (ha); Y_n : ano final; Y_1 : ano inicial.

- *Perfil da Curva de Conversão (FCCP)*: Calculado para VF e VH, representa o desvio máximo da curva de conversão em relação à linha de ligação entre a proporção de área inicial e final de uma classe em cada quadrante. Desvio positivo indica que a conversão se concentra nos anos iniciais, e valor negativo nos anos finais. Valores menores indicam padrões de conversão dispersos entre os períodos, enquanto que valores elevados representam mudanças drásticas na paisagem concentradas em um período.

$$FCCP = \mp MAX \left[|aMF_i + bY_i + c| / \sqrt{a^2 + b^2} \right]_1^n$$

Onde: aFP_i : proporção de floresta no ano n (%); Y_i : ano i , variando entre 1 e n ; n : número de anos estudados; a , b , c : coeficientes da equação para o modelo linear de conversão geral.

Para o cálculo desses três últimos índices, a área total foi segmentada em 2.190 quadrantes de até 1,0ha, considerando que os quadrantes situados nos limites tiveram a área reduzida devido ao recorte espacial da planície.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dinâmica da paisagem aluvial do rio Pitangui

A paisagem aluvial do rio Pitangui, com 1.458,6 ha, apresentava cobertura majoritariamente de vegetação nativa – VF e VH – (99,5%) em 1953, do que se deduz o pouco efeito do ciclo da madeira sobre estas planícies aluviais, até porque a araucária é uma espécie que não tolera solos hidromórficos (CURCIO *et al.*, 2007). No ano de 1980 foram observadas amplas áreas antrópicas – agricultura – concentradas em sua porção central da planície aluvial, que se multiplicaram à montante nos anos subsequentes e à jusante mais recentemente, em 2012 (Figura 10).

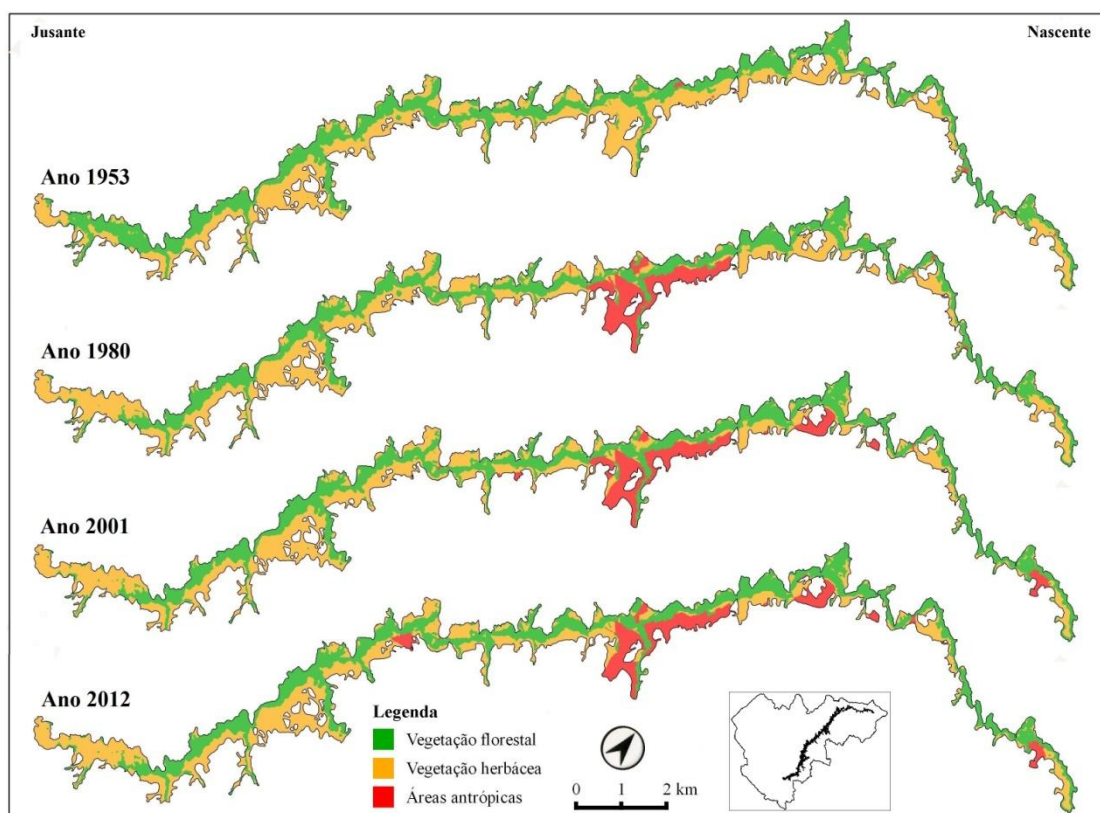


Figura 10: Uso do solo da paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012.

Na proximidade distal, onde o rio se alarga na represa de Alagados, algumas áreas que apresentavam vegetação florestal em 1953 aparecem ocupadas por vegetação herbácea em 1980. Relatos de moradores dão conta da existência de carvoarias na área até esta data, as quais foram responsáveis também pela retirada de branquilha (*Gymnanthes klotzschiana*) das áreas semi-hidromórficas próximas.

Os índices de diversidade e de uniformidade da paisagem aumentaram após 1953 (SHDI = 0,72; SHEI = 0,65), até 2001 e 2012 (SHDI = 0,98; SHEI = 0,89). A elevação destes índices reflete o aumento em número e tamanho das áreas antrópicas, e a maior igualdade na distribuição da área entre as UPs, ante a redução das nativas. Tal mudança se verifica pela variação no Índice de Justaposição (IJ) da paisagem, que passou de 19,2 em 1953 para 51,7 em 1980, em função do aumento no número de AA intercaladas com as áreas nativas. De acordo com Turner (1989), o tamanho e a diversidade de habitats influenciam os padrões de abundância de espécies. Assim, a alteração de áreas nativas interferiu na manutenção desse ambiente, tanto pelo represamento do rio quanto pela supressão da vegetação original. Cabe salientar que, em uma paisagem, os processos ocorrem em várias escalas espaciais e temporais (BAKER, 1989), e especialmente nas áreas ribeirinhas, distúrbios naturais são os promotores primários de mudanças, em que a dinâmica do canal e as inundações causam constantes transformações espaciais (MALANSON, 1993). No entanto, as mudanças decorrentes da ação humana afetam os ecossistemas ribeirinhos de forma complexa, em diversas escalas, conforme a magnitude e o caráter das intervenções, podendo causar alterações hidrológicas e nos fluxos de sedimento e nutrientes, decréscimo na qualidade de habitats e na biodiversidade (ALLAN, 2004).

Áreas antrópicas (AA)

As áreas antrópicas da paisagem aluvial do rio Pitangui, que no ano de 1953 somavam 7,03 ha (0,48% da paisagem), distribuídas em 13 manchas, foram ampliadas em 1980 para 150,18 ha (10,29%) em 20 manchas (Figura 11).

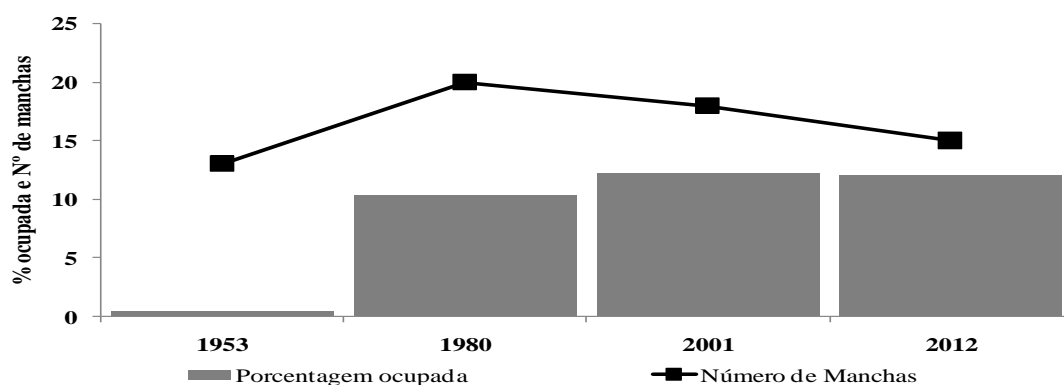


Figura 11: Porcentagem ocupada (%) e número de manchas de áreas antrópicas (AA) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012.

Em 2001 aumentaram as AA para 179,33 ha (12,29%) em 18 manchas, somente sendo reduzidas em 2012 para 175,57 ha (12,04%) em 15 manchas. Os resultados mostraram que a variação no tamanho das AA não foi acompanhada de variação expressiva no número de manchas, em consequência da expansão e da fusão de algumas áreas, totalizando 116 ha ocupados pelas duas maiores manchas em 2012.

A distribuição das AA, conforme o índice LUI (Figura 12), demonstra 188 quadrantes com alta intensidade de uso, situados na região central da planície, constatados em 1980 e nos anos seguintes. Outros 234 quadrantes, com intensidade de até 30%/ano, verificados a partir de 2001, situam-se principalmente na região superior da planície, majoritariamente formando duas manchas. Os 31 quadrantes com LUI igual a 0% representam AA mapeadas somente em 2012, que mesmo sem valor quantitativo, demonstram que houve conversão de áreas nativas após 2001, sobretudo, para silvicultura. Segundo Allan (2004), avaliar a extensão do uso antrópico não é suficiente para prever suas implicações em rios que drenam paisagens agrícolas. Portanto, a caracterização das AA quanto à intensidade e seu arranjo na paisagem fornece informações adicionais para a formulação de estratégias de conservação e manejo específicas conforme as diferentes condições históricas (FERRAZ *et al.*, 2009).

Os altos índices de uso registrados nessas áreas, após drenagem e cultivo agrícola mantido durante longos períodos, pode ter provocado mudanças irreversíveis, como compactação do solo e alteração do fluxo hidrológico (NRC, 2002). Além da perda de áreas nativas, o uso das planícies mediante a drenagem por canais artificiais, afeta a dinâmica de sucessão da vegetação, causando a fragmentação da cobertura e alterando a conectividade proporcionada pelos pulsos de inundação, essenciais para a manutenção das espécies desses ambientes (DECAMPS *et al.*, 1988; AUBLE *et al.*, 1994).

Vegetação florestal (VF)

A vegetação florestal da planície de inundação do rio Pitangui foi reduzida de 687,75 ha, quando ocupava 47,15% da paisagem aluvial em 1953, para 595,26 ha (40,81%) em 1980. Em 2001 foi registrada a expansão das áreas de VF, atingindo 630,22 ha (43,21%) em 2012. Contudo, o número de fragmentos variou de 81 para 86. O tamanho médio das manchas florestais em 1953 era de 8,49 ha ($\sigma = \pm 38,41$), representando o maior valor entre os anos analisados, enquanto que o menor valor foi verificado no ano de 2001. Entretanto, a variação entre os períodos analisados foi relativamente pequena, sendo menor que 2,0 (Tabela 1).

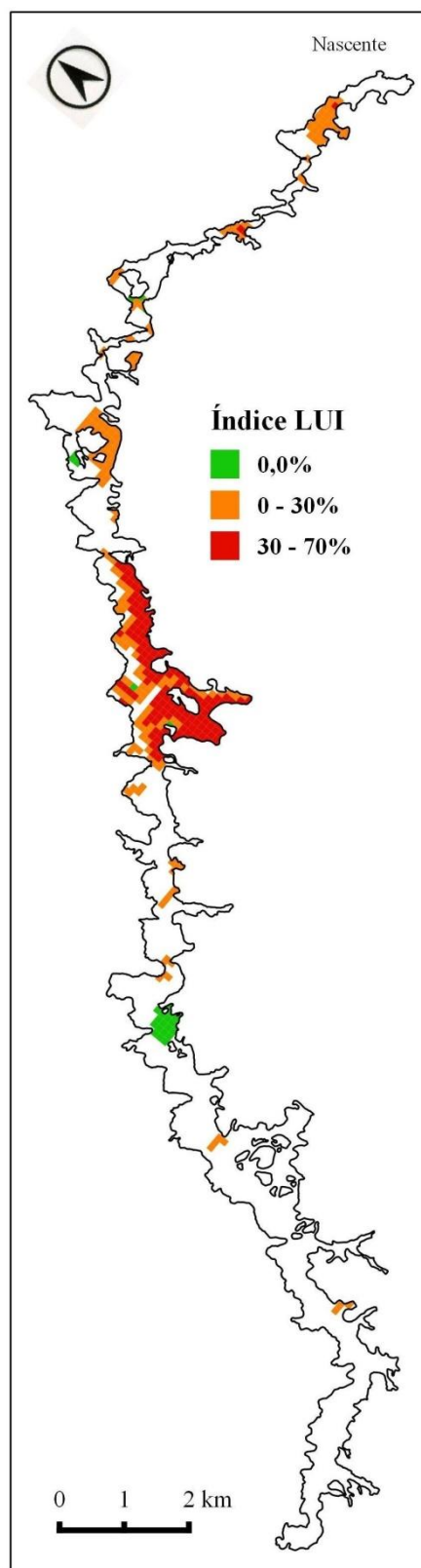


Figura 12: Índice de Intensidade de Uso (LUI) das áreas antrópicas (AA) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012.

Tabela 1: Métricas de estrutura da vegetação florestal (VF) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012. NP: número de fragmentos; CA: área total (ha); PLAND: porcentagem da paisagem (%); AREAMN: área média (ha); DV: desvio padrão da área média; CV: coeficiente de variação da área média.

ANO	NP	CA	PLAND	AREA MN	DV	CV
1953	81	687,75	47,15	8,49	38,41	452,38
1980	80	595,26	40,81	7,44	29,93	402,24
2001	90	611,69	41,94	6,80	29,98	441,16
2012	86	630,22	43,21	7,33	32,43	442,52

As mudanças na VF mostram 100 quadrantes em que houve substituição total por outra classe ($q = -100\%$), a maioria situada à jusante e durante os anos iniciais, conforme os valores do FCCP. Ao longo da área estão dispostos 303 quadrantes com redução da VF em até 20%/ano (Figura 13).

O aumento do uso do solo na região e as formas de manejo afetaram as áreas ripárias. Os níveis de erosão e perda de sedimento cresceram progressivamente desde 1952, o que acarretou no assoreamento do reservatório (LEMOS *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2013). A diminuição da área de VF posteriormente a 1953 se deu principalmente pela extração de madeira para energia, atividade típica da época (REISEMBERG, 1973).

Foram registrados 370 quadrantes com regeneração de até 20%/ano ao longo da paisagem. O aumento na área de VF registrado após 1980 também foi observado por Moro *et al.* (2005) no entorno da represa de Alagados. Este pode estar vinculado à mudança de práticas e a adequação à legislação em algumas propriedades.

Embora vigorasse desde 1965 a Lei nº 4.771 – Código Florestal, que incluía as margens dos rios como áreas de preservação permanente, apenas através da Lei nº 6.938, de 1981 – Política Nacional do Meio Ambiente, e da edição da Lei de Crimes Ambientais ou Lei nº 9.605/98, regulamentaram-se instrumentos importantes como a responsabilização penal da pessoa jurídica. Adicionalmente, a Lei nº 8.171/1991 – Política Agrícola dispõe sobre a integração entre produção e preservação do meio ambiente. Este arcabouço legal, aliado ao fato de a área de manancial estar localizada em uma região considerada de extrema importância para a conservação (MMA/SBF, 2002), pode ter acarretado um aumento na fiscalização e no monitoramento da área desde então.

Para a configuração da VF, observou-se que o recorte espacial das áreas se tornou mais simplificada no decorrer do tempo, resultado do aumento da fronteira com AA, as quais apresentam formas mais retilíneas, característica marcante de áreas cultivadas (FORMAN; GODRON, 1986) (Figura 14).

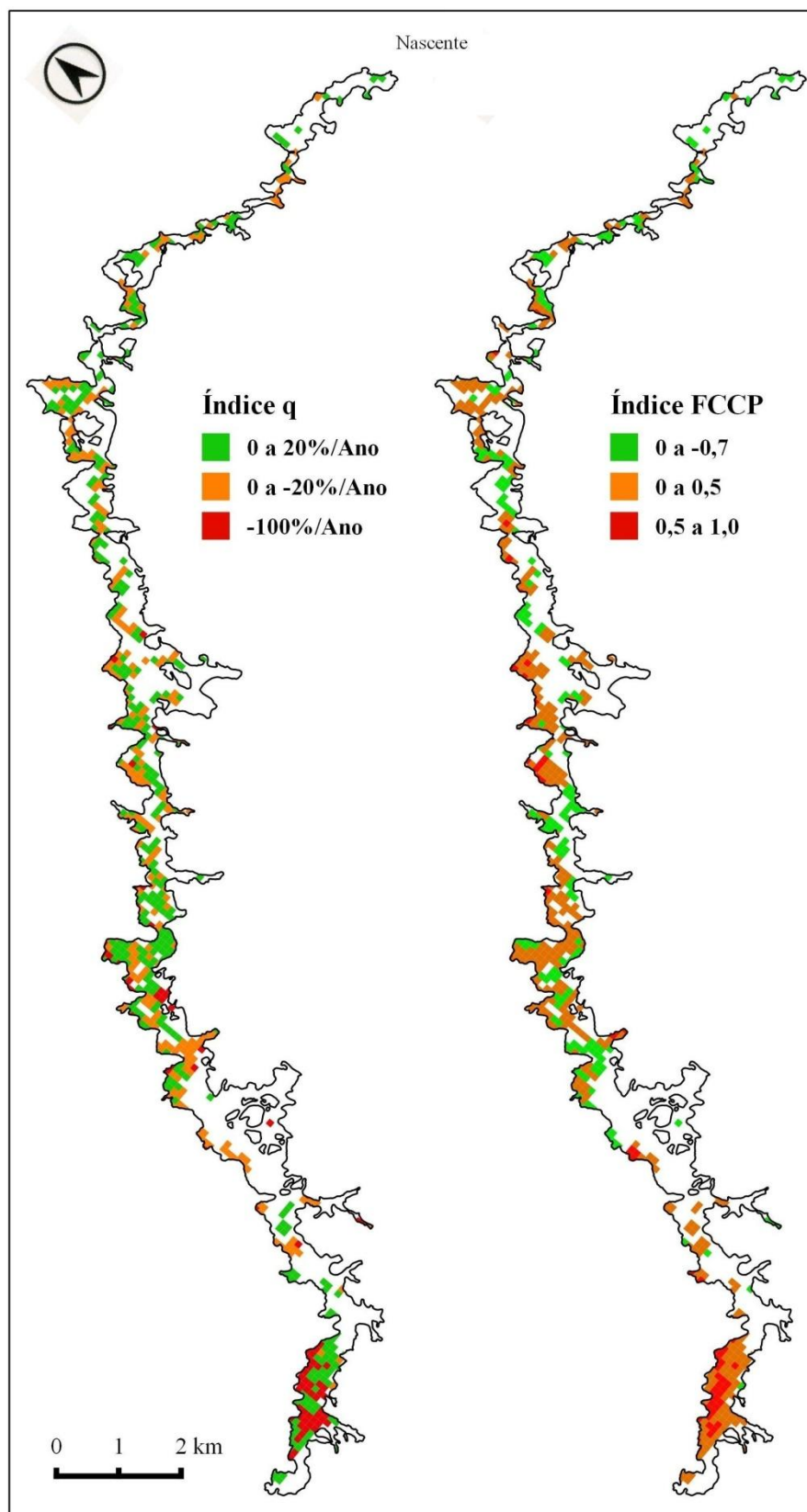


Figura 13: Taxa de Conversão Anual (q) e Perfil da Curva de Conversão ($FCCP$) da vegetação florestal (VF) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012.

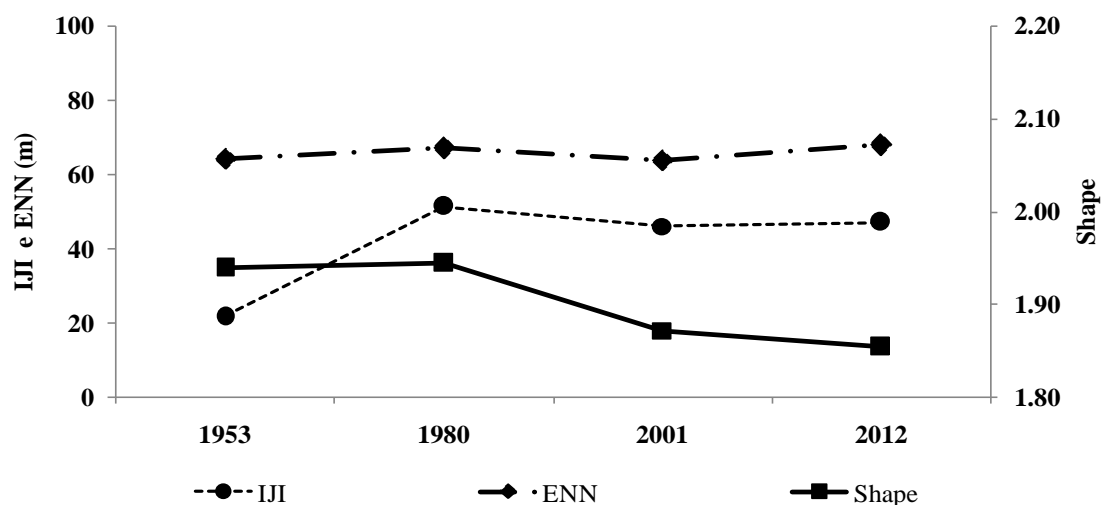


Figura 14: Métricas de configuração da vegetação florestal (VF) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012. IJI: índice de justaposição; ENN: distância média do fragmento mais próximo (m); Shape: índice de forma médio.

Foi registrada pequena variação na distância média entre os fragmentos de VF, com o maior valor no ano de 2012 (67,7m), indicando maior isolamento de algumas áreas. O IJI para a vegetação florestal foi afetado pelo surgimento de AA intercaladas, passando de 21,6 em 1953 para 51,2 em 1980.

Segundo Turner (1989), a forma e o arranjo espacial das áreas influenciam nos padrões de diversidade e dispersão das espécies, considerando o comportamento dos indivíduos em relação à resistência da paisagem. Nesse sentido, as mudanças ocorridas impuseram maior heterogeneidade nessa paisagem, o que, somado ao fato de estar inserida em uma região de intensa expansão agrícola, pode ter condicionado os fluxos biológicos no decorrer do tempo. Considerando o ambiente fluvial como corredor ecológico, as alterações causadas nessa paisagem podem ter afetado os fluxos biológicos e interferido no desenvolvimento das comunidades nativas.

Vegetação herbácea (VH)

A VH do rio Pitangui foi reduzida sucessivamente ao longo dos anos, de 763,83 ha distribuídos entre 111 fragmentos em 1953, quando ocupava 52,37% da paisagem, para 652,81 ha em 106 fragmentos no ano de 2012, com 44,76%. Mesmo com a expansão entre 1953 e 1980 nas proximidades da represa, houve redução da VH no período, frente à dimensão das AA originadas (Tabela 2).

De forma geral, os valores avaliados para a estrutura da VH foram diminuindo no decorrer dos anos, demonstrando a pressão exercida sobre esses ambientes, altamente ameaçados pela expansão agrícola no planalto sul brasileiro (JUNK *et al.*, 2014).

Tabela 2: Métricas de estrutura da vegetação herbácea (VH) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012. NP: número de fragmentos; CA: área total (ha); PLAND: porcentagem da paisagem (%); AREAMN: área média (ha); DV: desvio padrão da área média; CV: coeficiente de variação da área média.

ANO	NP	CA	PLAND	AREA MN	DV	CV
1953	111	763,83	52,37	6,76	18,86	278,99
1980	104	713,16	48,90	6,73	17,93	266,52
2001	109	667,59	45,77	6,01	16,99	282,44
2012	106	652,81	44,76	6,04	16,85	278,78

A intensidade das mudanças na VH analisada pelo índice q mostra 296 quadrantes com valor de -100%/ano, os quais tiveram toda a vegetação herbácea substituída por outra cobertura, predominantemente por AA, a maior parte observada em 1980 na porção central da paisagem. Ao longo da área ocorrem 349 quadrantes em que foram suprimidos menos que 20%/ano da VH, durante todo o período analisado. Foram registrados 325 quadrantes com regeneração branda da VH distribuídos ao longo da área, em que o índice q não superou os 20%/ano (Figura 15).

Na região jusante concentram-se 39 quadrantes que apresentaram valor igual a 100%/ano, demonstrando a mudança ocorrida nos anos iniciais quando a vegetação herbácea substituiu a florestal.

Considerando a influência da estrutura da paisagem nos processos ecológicos (TURNER, 1989), a identificação dos fatores e a magnitude das mudanças tornam-se importantes para avaliar os efeitos da variação nos padrões espaciais para a manutenção do ambiente ribeirinho. Tratando-se de um corredor natural, localizado entre áreas protegidas de uma região com grande importância para a conservação, as formas de manejo deveriam evitar a fragmentação, o isolamento e o efeito de borda, garantindo a preservação dessas áreas, visto que os movimentos biológicos têm maior efetividade em corredores naturais (GILBERT-NORTON *et al.*, 2010).

Quanto à configuração das VH, houve pequena variação na forma e na distância média entre as áreas. No entanto, como nas demais classes, o IJI apresentou grande variação para a VH entre 1953 e 1980, de 9,4 para 36,9, revelando um aumento da heterogeneidade da paisagem aluvial do rio Pitangui (Figura 16).

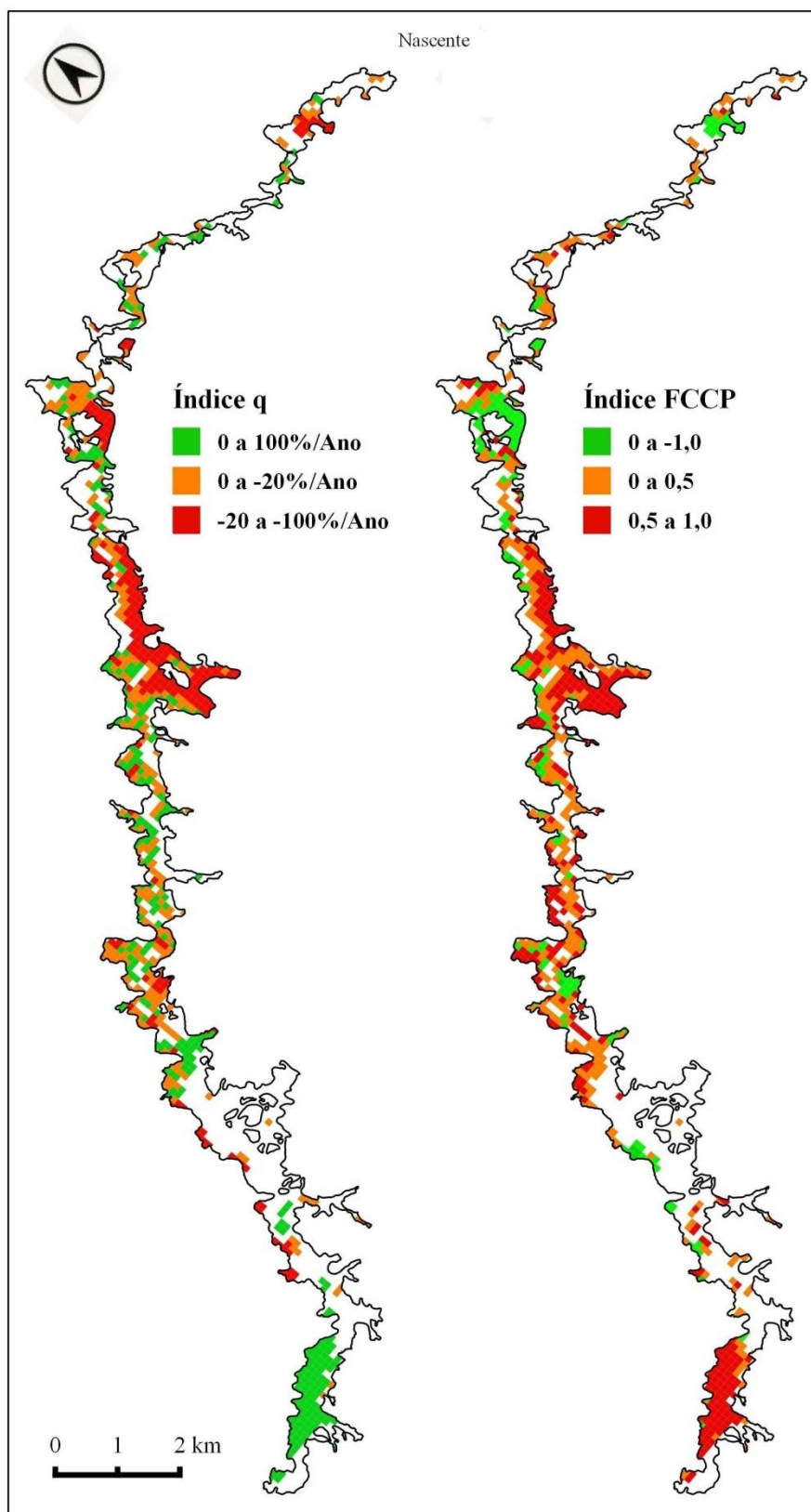


Figura 15: Taxa de Conversão Anual (q) e Perfil da Curva de Conversão ($FCCP$) da vegetação herbácea (VH) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012.

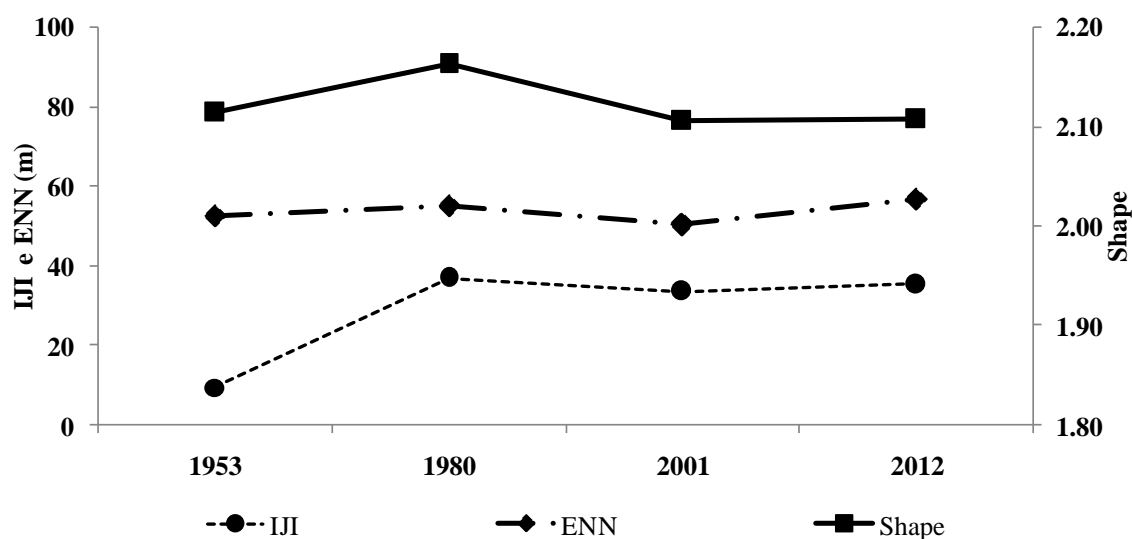


Figura 16: Métricas de configuração da vegetação herbácea (VH) na paisagem aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, entre 1953 e 2012. IJI: índice de justaposição; ENN: distância média do fragmento mais próximo (m); Shape: índice de forma médio.

Os resultados evidenciaram grandes mudanças na paisagem aluvial herbácea em virtude da supressão de áreas nativas. O avanço agrícola iniciado na década de 1960 promoveu a abertura de áreas para cultivo, contabilizando um acréscimo de 21,8% até a década de 1970 na região (CODESUL, 1976; FRANCO; PEREIRA, 2008). Posteriormente, o governo federal criou o PROVÁRZEAS – Programa Nacional de Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis (Decreto 86.146/1981), que visava ampliar a área agricultável sobre as planícies inundáveis dos rios (SANTANA; NASCIMENTO, 2012). Independentemente de vínculo com o programa, extensas áreas de uso foram instauradas na planície do rio Pitangui, registradas nesta avaliação entre 1980 e 2012, e que implicaram uma redução de 15% nas áreas de VH, mesmo após a publicação da Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP 005/2008, que define critérios para avaliação das áreas úmidas e seus entornos protetivos. Além disso, as intervenções nas áreas aluviais anteriores a julho de 2008 são consideradas consolidadas conforme a Lei Florestal 12.651/2012, sendo dispensadas de recuperação. Concomitantemente, a Lei Estadual 18.295/2014, regulamentada pelo Decreto 2.711, de 05 de novembro de 2015, que trata do Programa de Regularização Ambiental (PRA) no Paraná não menciona áreas de VH como passíveis de readequação.

CONCLUSÕES

A análise apontou importantes aspectos dos processos da dinâmica dessa paisagem, como os principais promotores das mudanças na paisagem de acordo com os períodos estudados, sobre qual tipologia vegetal nativa se exerceu maior pressão e quais regiões da planície foram mais afetadas pelo uso antrópico.

Os resultados evidenciaram as transformações na paisagem aluvial ocorridas nos últimos 60 anos, entre 1953 e 2012, as quais expressam mudanças nas práticas de uso, com a exploração de madeira como fonte energética e abertura gradativa de áreas para agricultura. Desse modo, pôde-se concluir que houve influência dos períodos econômicos, vinculados a interesses socioambientais e dispositivos legais, na dinâmica da paisagem.

As áreas nativas foram afetadas com o aumento das áreas antrópicas, diretamente pela exploração e conversão, e indiretamente, pelo assoreamento do reservatório de Alagados. As principais consequências para a paisagem aluvial foram perda de área e diminuição da conectividade estrutural da vegetação nativa, com maior número de áreas antrópicas intercaladas.

A paisagem aluvial do Pitangui, que em 1953 era constituída majoritariamente por vegetação nativa, em 1980 teve grande parte ocupada por áreas antrópicas, configurando a época de mudanças mais intensas registradas por esta análise.

A vegetação nativa herbácea foi reduzida sucessivamente ao longo dos anos, teve parte convertida em amplas áreas antrópicas mapeadas em 1980 na região central da planície e em 2001 a montante e a jusante. A vegetação florestal regenerou-se naturalmente em alguns pontos após 1980, o que pode ser vinculado à maior pressão da sociedade no cumprimento da legislação ambiental vigente e aumento da fiscalização.

No entanto, a vegetação herbácea segue sendo afetada, o que remete às práticas de manejo e às políticas públicas equivocadas no passado, cujos efeitos não foram revertidos, e que a recente aprovação da Lei Florestal 12.651/2012 torna consolidados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, J. D. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, p. 257-284, 2004.

ARIZPE, D.; MENDES, A.; RABAÇA, J. E. (Eds.). **Sustainable Riparian Zones: a Management Guide**. Generalitat Valenciana, 2008. 287 p.

ATTANASIO, C. M.; LIMA, W. P.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M. J. B.; VENIZIANI JR., J. C. T. Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). **Scientia Florestalis**, n. 71, p. 131-140, Ago. 2006.

AUBLE, G. T.; FRIEDMAN, J. M.; SCOTT, M. Relating riparian vegetation to present and future streamflows. **Ecological Application**, v. 4, n. 3, p. 544-554, 1994.

BAKER, W. L. A review of models of landscape change. **Landscape Ecology**, v. 2, n. 2, p. 111-133, 1989.

CODESUL - Conselho de Desenvolvimento do Extremo Sul. **Subdivisão, posse e uso da terra no Paraná**. CODESUL. 1976. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/subdivisao_posse_terra_pr_16_76.pdf. Acesso: 13 dez. 2013.

- CURCIO, G. R. **Relações entre Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Fitossociologia nas planícies fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. Curitiba, 2006, 510 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná.
- CURCIO, G. R.; GALVÃO, F.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L.; DEDECEK, R. A.. Floresta fluvial em dois compartimentos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 125-147, maio/ ago. 2007.
- DECAMPS, H.; FORTUNE, M.; GAZELLE, F.; PAUTOU, G. Historical influence of man on the riparian dynamics of a fluvial landscape. **Landscape Ecology**, v. 1, n. 3, p. 163-173, 1988.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2009. 412 p.
- FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI C. A.; THEOBALD, D. M.; Using indicators of deforestation and land-use dynamics to support conservation strategies: A case study of central Rondônia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 257, p. 1586-1595, 2009.
- FERRAZ, S. F. B.; CASSIANO, C. C.; BEGOTTI, R. A.; MOLIN, P. G.; TRANQUILIN, A. R. **Land use change analys tools (LUCAT)**. 2011. Disponível em: <http://lcf.esalq.usp.br/prof/silvio/doku.php?id=extras:extras>. Acesso: 07 mar. 2015.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619p.
- FRANCO, J.; PEREIRA, M. F. Crescimento e modernização do setor agropecuário paranaense: no período de 1970 a 2004. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 187-210, maio/ago. 2008.
- GILBERT-NORTON, L.; WILSON, R.; STEVENS, J. R.; BEARDA, K. H. A Meta-Analytic Review of Corridor Effectiveness. **Conservation Biology**, v. 24, N. 3, p. 660–668, 2010.
- JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; NUNES DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem**, v. 24, p. 5–22, 2014.
- LEMO, C. F.; FIORI, A. P.; OKA-FIORI, C.; TOMAZONI, J. C. Erosões concentradas existentes na bacia do alto curso do rio Pitangui – PR. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 1, p. 59-67, 2011.
- MALANSON, J. P. **Riparian Landscapes**. Cambridge (United Kingdom): Cambridge University Press, 1993. 296p.
- McGARIGAL, K.; CUSHMAN, A. S.; NEEL, M. C.; ENE, E. **FRAGSTATS v3: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps**. Amherst: University of Massachusetts, 2002.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1 e 2, p. 1-9, 2001.

MMA – Ministério do Meio Ambiente/SBF – Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Biodiversidade Brasileira:** avaliação e identificação de áreas prioritárias para conservação, utilização sustentável e repatriação de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasília, 2002. 404p.

MORO, J. C.; COSTA, E. T. V.; MILANESE, S.; MORO, R. S. Comparação da cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente na represa de Alagados (PR), de 1980 a 2001. **Publicatio UEPG**, v.11, n.2, p.13-20, jun. 2005.

NRC – National Research Council. **Riparian Areas:** Functions and Strategies for Management. Washington, D.C: National Academy Press, 2002. 444p.

REISEMBERG, A. 90 anos de navegação à vapor do Rio Iguaçu e Negro. **Boletim do Instituto Histórico, Geográfico e Etnográfico Paranaense**, Curitiba, v. 18, 1973.

SANTANA, C. A. M.; NASCIMENTO, J. R. **Public Policies and agricultural investment in Brazil**. Rome: FAO, 2012.

SILVA, A.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; MARTINS, K. G. Análise multitemporal do uso e cobertura do manancial de Alagados e seu entorno a região de Ponta Grossa - PR. Santa Maria: **Ciência e Natureza**, v. 35 n. 1, p. 24-32, 2013.

TURNER, M. G. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 20, p. 171-197, 1989.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V. **Landscape Ecology:** in theory and practice. New York: Springer-Verlag, 2001. 404 p.

UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa/ NUCLEAM – Núcleo de Estudos em Meio Ambiente. **Bacia hidrográfica do manancial Alagados**. Ponta Grossa, 2002. Relatório técnico (CD-ROM).

CAPÍTULO II

ESTUDO DENDROECOLÓGICO DE *Gymnanthes klotzschiana* Müll. Arg. NA PAISAGEM ALUVIAL DO RIO PITANGUI ENTRE 1958 E 2012

RESUMO

Neste estudo foram realizadas análises dendroecológicas visando gerar informações que subsidiem o entendimento das relações de fatores meteorológicos com o crescimento de *Gymnanthes klotzschiana* na planície de inundação do rio Pitangui, no Primeiro Planalto Paranaense. Ao longo da área foram demarcados sete pontos amostrais, nos quais foram selecionadas três árvores para coleta das séries de crescimento. As amostras foram tratadas e digitalizadas em imagens para a identificação e mensuração dos anéis de crescimento. As séries de crescimento foram sincronizadas para obtenção da série padronizada. A verificação da qualidade da sincronização foi realizada no programa COFECHA, e a confecção da cronologia padronizada (*standard*) foi realizada com o programa ARSTAN, pelas funções exponencial negativa e *spline cúbico* com 67%. A cronologia foi relacionada com dados históricos de precipitação e temperatura da região. A série *standard* obtida incluiu 38 séries de crescimento de 20 árvores, no período entre 1958 e 2012, com intercorrelação de 0,491 e sensibilidade média de 0,45, indicando que a espécie apresenta reação às oscilações meteorológicas. Os resultados indicaram a temperatura mínima como a principal fator de controle do crescimento dos indivíduos da área, mesmo sem atingir valor significativo ($r = \pm 0,26$). A relação do crescimento da espécie com a precipitação mensal foi positiva para o período corrente e negativa para os meses que antecedem a retomada de crescimento, mas sem valores significativos ($r = \pm 0,26$). A relação com a temperatura mínima mensal não foi significativa ($r = \pm 0,26$), mas aparece como fator limitante, com correlação positiva para os meses do período corrente. A espécie analisada demonstrou potencial para estudos dendroecológicos. Em consonância com outros autores, a temperatura mínima aparece como principal fator limitante do crescimento. A relação do crescimento com a precipitação anual aponta para a influência dos regimes hidrológicos no desenvolvimento da espécie na área.

Palavras-chave: Zona ripária; anéis de crescimento; influência climática.

ABSTRACT

In this study, was carried out dendroecological analyzes to generate information to clarify the relationship of meteorological factors to the growth of one native species in the floodplain of the Pitangui River, in the First Plateau of Paraná. Was selected the largest trees of *Gymnanthes klotzschiana* at seven points for collection of the growth series. The samples were treated and digitized in images for the identification and measurement of growth rings. The growth series were synchronized by means

COFECHA software to obtain the standardized series, and submitted to ARSTAN software for the standard chronology using the negative exponential and cubic spline functions with 67%. The chronology was related to historical precipitation and temperature data of the region. The standard serie obtained included 38 series of growth, between 1958 and 2012, with intercorrelation of 0.491 and mean sensitivity of 0.45, indicating that the species shows a reaction to the meteorological oscillations. The results indicated the minimum temperature as the main growth control factor of the individuals of the area, even without high significant value ($r = \pm 0.26$). The relation of the growth of the species with the monthly precipitation was positive for the current period and negative for the months before the resumption of growth, but without significant values ($r = \pm 0.26$). The relationship with the minimum monthly temperature was not significant ($r = \pm 0.26$) although seems to be a limiting factor, with a positive correlation for the months of the current period. The analyzed specie showed potential for dendroecological studies. In agreement to other authors, the minimum temperature appears as the main limiting factor for growth. The relationship of growth to annual precipitation points to the influence of hydrological regimes on species development in the area.

Key-words: Riparian zone; tree-rings; climatic influence.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das espécies vegetais em ambientes naturais depende de uma série de complexas interações entre fatores genéticos e ambientais, sendo que as características genéticas determinam como os indivíduos respondem às condições ambientais (STOKES; SMILEY, 1968). Desse modo, a disponibilidade de recursos, as alterações no habitat e as oscilações climáticas influenciam o crescimento dos indivíduos, e esses, por sua vez, considerando a magnitude dos processos, contribuem com a evolução contínua dos ecossistemas.

Durante o desenvolvimento, várias espécies arbóreas registram padrões característicos de crescimento periódico em anéis visíveis na sessão do lenho. Os estudos dendroecológicos interpretam as características presentes nas séries de anéis em busca de propriedades que possam se relacionar com eventos, fenômenos e condições ambientais do passado (STOKES; SMILEY, 1968; WALKER, 2005). Sendo assim, torna-se possível avaliar a relação do crescimento de espécies arbóreas com fatores limitantes, tendo em vista examinar mudanças de comportamento que possam ser associadas com variações em condições ambientais, possibilitando a compreensão das implicações para a manutenção dos ecossistemas (WIMMER, 2002).

Considerando os processos em uma escala de paisagens aluviais, com agentes regulatórios específicos, esta análise dendroecológica pretendeu gerar informações que ajudem a esclarecer a relação que envolve fatores ambientais com o desenvolvimento da vegetação. O curso superior do rio Pitangui, localizado no Primeiro Planalto

Paranaense, flui por uma extensa planície recoberta principalmente por vegetação nativa, a qual abriga florestas predominantemente ocupadas por *Gymnanthes klotzschiana*, espécie típica das áreas aluviais da Floresta Ombrófila Mista (RODERJAN *et al.*, 2002; UEPG/NUCLEAM, 2002; IBGE, 2012). Dessa forma, visando reconhecer os efeitos das variáveis ambientais no crescimento da população, optou-se por uma espécie amplamente distribuída pela área de estudo e que apresentasse sensibilidade às variações meteorológicas. De acordo com estudos realizados no estado do Paraná, a espécie *Gymnanthes klotzschiana* tem potencial para estudos dendroecológicos, tanto por terem sido obtidos valores satisfatórios de intercorrelação entre as séries de crescimento das amostras e também por apresentar sensibilidade às oscilações meteorológicas, de modo que as variações nas espessuras dos anéis nas séries de crescimento têm relação com as variações periódicas de fatores ambientais (LONGHI-SANTOS, 2013; KANIESKI, 2013).

Os pontos amostrais foram selecionados com base nos resultados da dinâmica da paisagem entre 1953 e 2012, buscando distribuí-los intercalados entre áreas nativas íntegras e áreas alteradas durante o período analisado. Deste modo, neste trabalho buscou-se analisar os anéis de crescimento de *Gymnanthes klotzschiana* Müll. Arg. (branquilha), e verificar se: (i) A espécie selecionada no local apresenta sensibilidade às variações meteorológicas da região? (ii) Quais os fatores meteorológicos influenciaram no crescimento desses indivíduos?

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de dados dendrológicos

Ao longo do rio foram selecionados sete pontos amostrais visando contemplar a heterogeneidade da paisagem na planície. O mapeamento das áreas antrópicas obtido com base no resultados do Capítulo I demonstrou a localização e a extensão da ocorrência de áreas antrópicas na planície do rio Pitangui entre 1953 e 2012 (Figura 17). A partir da localização das mudanças na paisagem foram demarcados pontos amostrais no entorno dos locais com ocorrência de áreas antrópicas e em locais onde a vegetação nativa permaneceu relativamente íntegra ao longo do tempo.

Em cada ponto foram selecionados três indivíduos de *Gymnanthes klotzschiana* Müll. Arg. (branquilha). Os critérios para seleção dos indivíduos consideraram a proximidade do canal ativo do rio e, exclusivamente, aqueles estabelecidos em Gleissolos, tendo em vista a maior similaridade ambiental entre os diferentes locais (COOK; KAIRIUKSTIS, 1990). Os Gleissolos foram identificados pela análise de amostras obtidas com trado holandês, conforme características de horizontes e atributos diagnósticos (EMBRAPA, 2009). As coletas foram realizadas nos meses de abril, maio e setembro de 2014 e fevereiro de 2015.

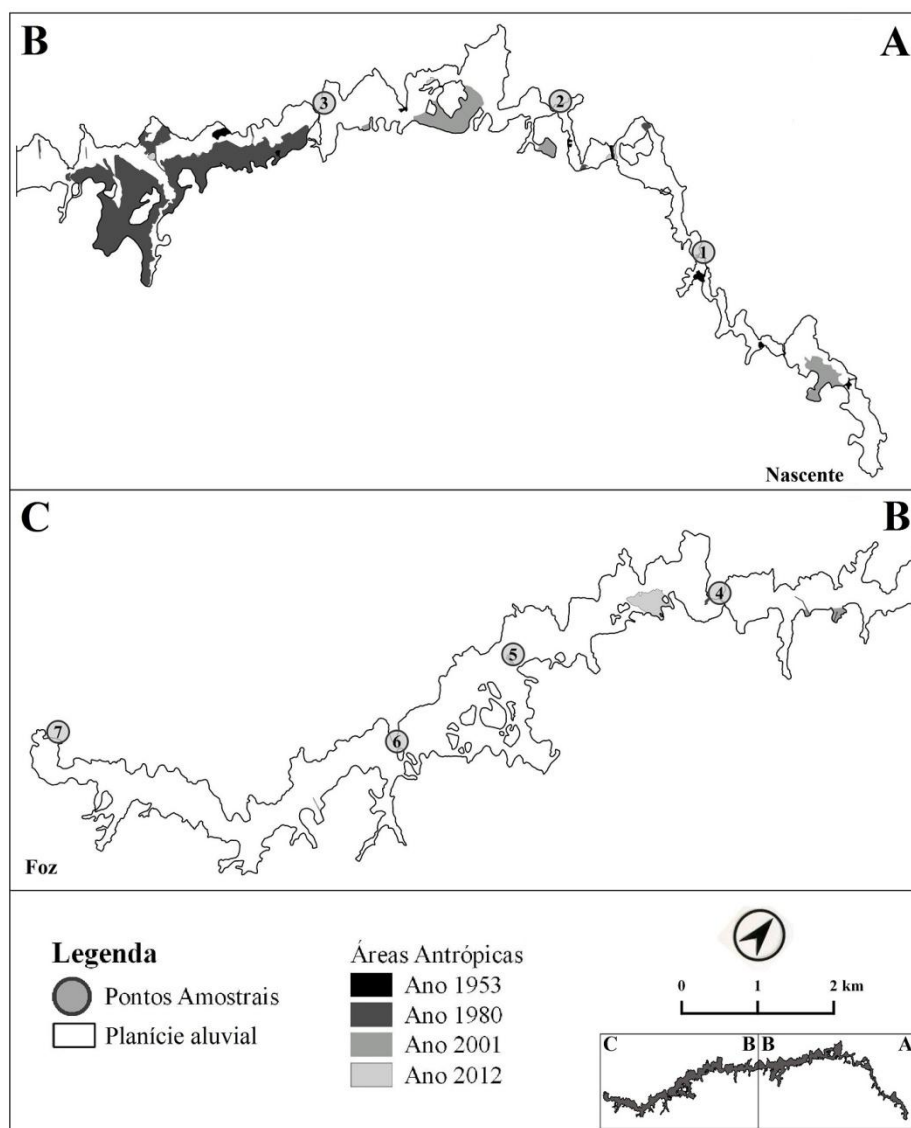


Figura 17: Ocorrência de áreas antrópicas entre 1953 e 2012 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil. (A-B) Segmento montante; (B-C) Segmento jusante.

Os indivíduos de *Gymnanthes klotzschiana* foram identificados em campo, segundo características botânicas da espécie, e tiveram a localização georreferenciada. As amostras de madeira foram coletadas com um trado de incremento – trado de Pressler – a 1,5 m de altura. Em cada indivíduo foram feitas duas coletas, dispostas em um ângulo de aproximadamente 90° entre si, obtendo-se quatro séries temporais de crescimento (radiais) por árvore.

As amostras foram fixadas em suporte padrão para o polimento com papel abrasivo de granulometria decrescente. Os equipamentos utilizados para coleta e beneficiamento das amostras foram cedidos pelo Laboratório de Ecologia Florestal e Dendroecologia da Universidade Federal do Paraná – UFPR e pelo Laboratório de Anéis de Crescimento do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ.

Análise dos dados dendroecológicos

Os equipamentos utilizados para a análise do material incluíram sistema de iluminação, microscópio estereoscópico “Leica S8APO”, com aumento de até 8 vezes, e scanner. As amostras foram digitalizadas em imagens com resolução de 2400 dpi para a demarcação e mensuração dos anéis de crescimento. Com auxílio do programa *Image-Pro Plus 4.5.0.29*, os anéis foram demarcados no sentido medula-casca, considerando o achatamento das paredes das fibras e o espessamento das paredes na formação do lenho tardio (COSMO, 2008). Nas séries em que houve dificuldade de identificação dos anéis, a análise foi feita mediante macroscopia das amostras. As amostras que apresentaram defeitos severos que impossibilitassem a análise foram excluídas.

As séries de anéis obtidas foram ajustadas de acordo com o período cronológico de crescimento vegetativo da espécie conferido por estudos na região, sendo que a retomada do crescimento geralmente ocorre no mês de novembro e se estende até o mês de março, diminuindo em abril permanecendo estável até outubro (KANIESKI, 2013).

As séries de crescimento de cada árvore foram primeiramente sincronizadas entre si para verificação da ocorrência de anéis falsos nos indivíduos. Em seguida, todas as séries dos indivíduos foram sincronizadas para obtenção das séries *master* (índices de crescimento) e *standard* (padronizada). A verificação da qualidade da sincronização dos dados e a produção da série de índice de crescimento (*master*) foram realizadas no programa COFECHA. Na sincronização das séries foi adotada uma extensão de 20 anos com 10 anos de sobreposição dos segmentos (GRISSINO-MAYER, 2001), com um ponto crítico de correlação de $r = 0,51$ ($p \leq 0,01$). O preparo da cronologia padronizada (*standard*) foi realizado no programa ARSTAN, pela aplicação das funções exponencial negativa e *spline* cúbico com 67% de longitude de série (COOK; KAIRIUKSTIS, 1990).

Dados meteorológicos

As séries históricas de temperatura mínima e máxima (°C) e de precipitação (mm) foram compiladas com base em dados de estações meteorológicas regionais. As séries de precipitação resultaram da média dos valores considerando a abrangência temporal disponível conforme a estação meteorológica (Figura 18).

A formulação das séries de precipitação envolveu registros de oito estações da Agência Nacional de Águas – ANA (ANA, 2016), e uma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (INMET, 2016). A correlação entre as séries de precipitação das diferentes estações atingiu um valor significativo positivo de 0,76 ($\sigma \pm 0,08$). As séries de temperatura foram obtidas pela união complementar dos dados das estações meteorológicas localizadas no município de Castro – PR, da ANA e do INMET.

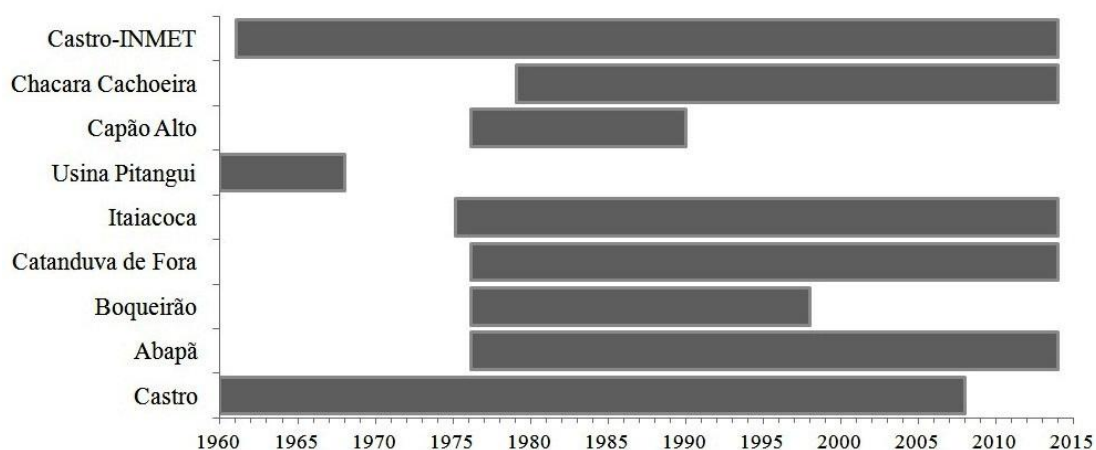


Figura 18: Estações meteorológicas e períodos de dados disponíveis.

Os dados de temperatura, disponíveis a partir de 1961, apresentavam campos sem valor para determinados meses e anos. Nesses casos, os valores foram obtidos pelas médias dos cinco campos anteriores, e para os anos anteriores a 1961, os dados foram obtidos pela média dos cinco campos posteriores.

As séries climáticas foram organizadas para representar a precipitação anual total e temperaturas mínimas e máximas médias anuais para a região (Figura 19). Em seguida, foram organizadas para representar a precipitação mensal total e temperaturas mínimas e máximas médias mensais (Figura 20).

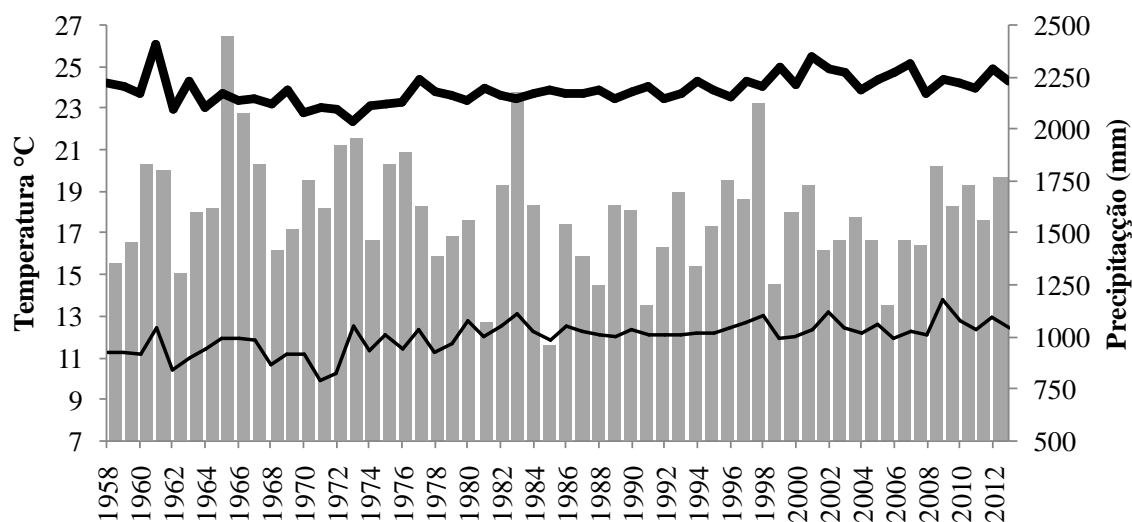


Figura 19: Climatograma de precipitação anual total (mm) (Barras), temperaturas máximas e mínimas médias anuais (°C) (Linhas).

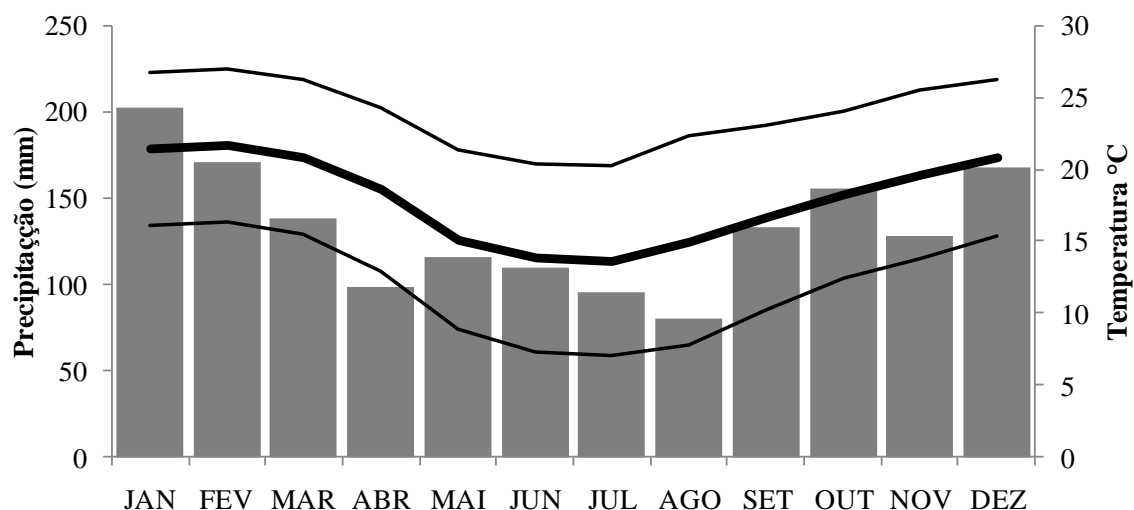


Figura 20: Climatograma de precipitação mensal média (mm) (Barras), temperaturas máximas e mínimas médias mensais (°C) (Linhas).

O tratamento dos dados meteorológicos utilizados, considerando o período entre 1958 e 2012, revelou uma precipitação anual total média de 1.597 mm, sendo 1985 o ano mais seco – 959 mm – e 1965 o mais chuvoso – 2.448 mm. A temperatura máxima média anual na região durante o período atingiu 24 °C e a temperatura mínima média anual 12 °C.

Testes estatísticos

Para verificar a correlação entre a cronologia e as séries meteorológicas anuais e mensais foi empregado o índice de Pearson “r”. As relações entre as séries meteorológicas e de crescimento foram aferidas para o período corrente, com os valores de crescimento emparelhados com os registros meteorológicos do mesmo ano, e para o período anterior, combinando os valores de crescimento com os dados meteorológicos do ano anterior, a fim de analisar os efeitos das variáveis ambientais precedentes ao período de crescimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos e sincronização das séries

A sincronização dos dados para a formulação da cronologia de *Gymnanthes klotzschiana* no contexto do rio Pitangui incluiu 38 séries coletadas de 20 árvores. A cronologia gerada representa a curva de crescimento das árvores ao longo de 55 anos, entre 1958 e 2012, considerando o valor de intercorrelação de 0,491 entre as séries (Tabela 3).

Tabela 3: Estatística descritiva da cronologia de anéis de crescimento de *Gymnanthes klotzschiana* para a planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil, no programa COFECHA.

Número de árvores	20
Número de séries	38
Idade da série	55
Idade média	39,3
Ano inicial	1958
Ano final	2012
Número de anéis	1495
Intercorrelação (r)	0,491
Sensibilidade média (s)	0,45

Apesar de inferior ao mínimo exigido para a significância estatística, o valor de intercorrelação obtido pode ser considerado alto (GRISSINO-MAYER, 2001), tratando-se de uma espécie de grande plasticidade sob influência de clima subtropical, que frequentemente apresenta anéis falsos, descontínuos e pouco distintos, além de lenho de reação e fibras gelatinosas (COSMO, 2008; COSMO *et al.*, 2010; LONGHI-SANTOS, 2013).

A cronologia apresentou um valor de 0,45 para a sensibilidade média, indicando que os indivíduos encontrados na área apresentam sensibilidade às oscilações meteorológicas (GRISSINO-MAYER, 2001). Segundo Stokes e Smiley (1968), a primeira condição para uma espécie integrar estudos dendroecológicos consiste em apresentar um anel para cada período de crescimento. Os indivíduos analisados da espécie *Gymnanthes klotzschiana* frequentemente apresentaram anéis falsos e outras irregularidades nas amostras. No entanto, os resultados demonstrados neste e em outros estudos (LONGHI-SANTOS, 2013; KANIESKI, 2013), reforçam o potencial da espécie para estudos dendroecológicos.

A cronologia atingiu a robustez máxima no ano de 1987, quando as 38 séries estão integradas (Figura 21). A espécie estudada é considerada, na sucessão ecológica, uma pioneira (CARVALHO, 2003), sendo dominante em terrenos aluviais da região, constantemente modificados pela dinâmica fluvial (RODERJAN *et al.*, 2002; BARDDAL *et al.*, 2004). Essa característica pode explicar a idade da cronologia obtida e o menor número de séries integrando o trecho inicial, ainda mais se considerar que o período de exploração madeireira na região tenha se estendido até aproximadamente os anos de 1949-1951 (LAVALLE, 1993; BITTENCOURT, 2013).

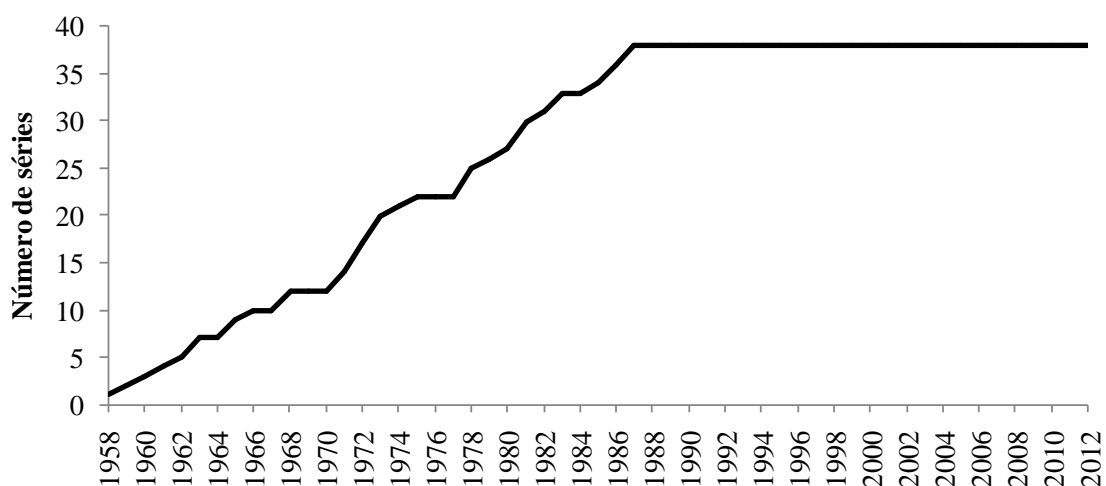


Figura 21: Número de amostras por período para obtenção da série conjunta de *Gymnanthes klotzschiana* para a planície de inundação do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Autores recomendam que estudos dendroecológicos envolvam dados de um grande número de árvores de diferentes idades, como forma de homogeneizar as variações de crescimento e outras irregularidades de cada indivíduo (KITZBERGER *et al.*, 2000). Apesar de menos robusta na porção inicial, a cronologia obtida resulta da sincronização de séries que apresentam sinais de crescimento comuns (Figura 22).

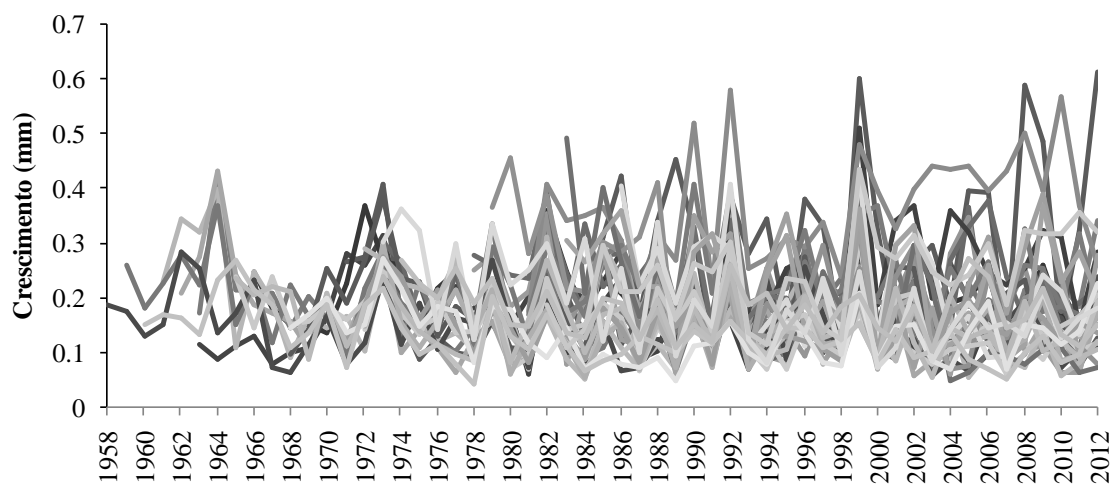


Figura 22: Amostras sincronizadas para obtenção da série conjunta de *Gymnanthes klotzschiana* para a planície de inundação do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Após a sincronização das séries de anéis, foi gerada a série *master*, pela transformação logarítmica da espessura dos anéis em índices de crescimento, no COFECHA (GRISSINO-MAYER, 2001), técnica que ressalta a importância de anéis estreitos, relevantes para a datação (COOK; KAIRIUKSTIS, 1990). No entanto, as características de crescimento endógeno e exógeno dos indivíduos estão presentes nessa série, sendo necessário remover as tendências de crescimento biológico não relacionado

a sinais meteorológicos por meio da padronização e formulação da série *standard*, no programa ARSTAN, a qual apresenta sinais comuns de crescimento maximizados (COOK; HOLMES, 1984; COOK; KAIRIUKSTIS, 1990) (Figura 23).

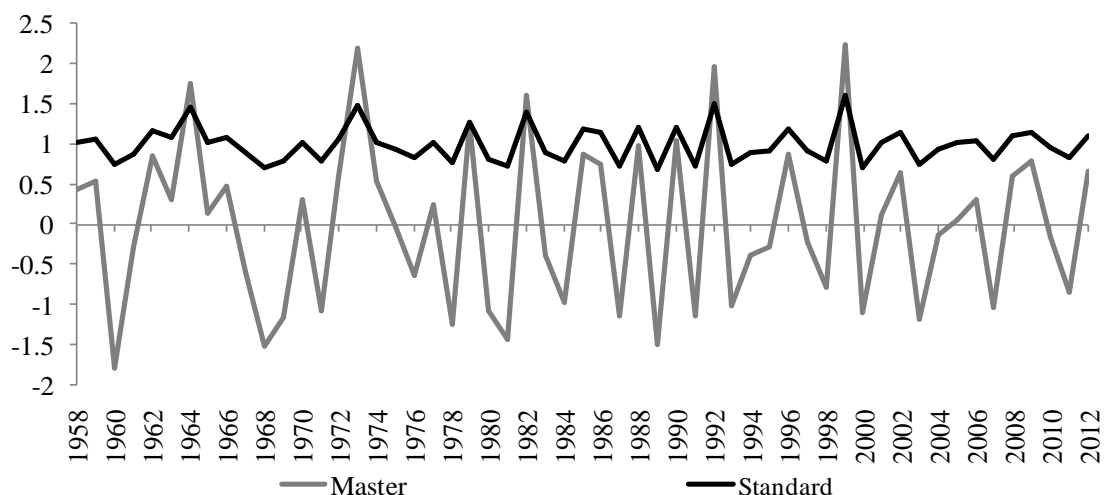


Figura 23: Relação entre a série de índices de crescimento (*master*) e a série padronizada (*standard*) de *Gymnanthes klotzschiana*, para a planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Relação da cronologia com variáveis meteorológicas anuais

A correlação entre a cronologia e as variáveis meteorológicas não apresentou valores estatisticamente significativos ($r = \pm 0,26$) (Figura 24). No entanto, os maiores valores de correlação foram verificados para a temperatura mínima do período anterior, negativamente ($r = -0,18$). De acordo com Cardoso (1991), a ativação do câmbio tem forte relação com a temperatura. A correlação negativa com a temperatura mínima do ano anterior sugere que o crescimento dos indivíduos se intensifica após anos com invernos severos. Essa relação do crescimento de indivíduos arbóreos com a temperatura mínima foi verificada em estudos no Primeiro Planalto Paranaense, para a mesma espécie (LONGHI-SANTOS, 2013), sendo esse fator incluído entre os principais limitantes do crescimento (SCHWEINGRUBER, 1996). Considerando que a formação dos anéis é geralmente induzida pela sazonalidade alternando períodos favoráveis e desfavoráveis (WORBES, 1995), a relação negativa com a temperatura mínima do período anterior sugere que invernos severos favorecem o crescimento seguinte, enquanto que a relação positiva com a temperatura mínima no período corrente sugere que temperaturas mais elevadas ocasionam maior incremento dos indivíduos.

A disponibilidade hídrica no período corrente demonstrou influenciar negativamente o crescimento dos indivíduos analisados, porém sem valor estatisticamente significativos. Kanieski (2013), analisando indivíduos da mesma espécie, verificou maior incremento durante um período de precipitação constante e

abundante, e, em contrapartida, em um período de baixo índice pluviométrico coincidente com os meses normalmente considerados de maior crescimento, registrou taxas de incremento menores, concluindo que a variação na disponibilidade hídrica pode ter afetado o desenvolvimento dos indivíduos. Guilhermeti (2015) encontrou valores de correlação negativa significativos entre a precipitação e o período de crescimento corrente da mesma espécie em planície aluvial no município de Guarapuava – PR, além de registrar menor crescimento para indivíduos em área de elevada saturação hídrica.

Considerando Carlquist (1988) quando indica a disponibilidade hídrica como um dos principais fatores para a atividade cambial, a variação de comportamento observada em diferentes estudos demonstra que o crescimento da espécie apresenta um limiar, em que o excesso ou a escassez de água tornam-se prejudiciais.

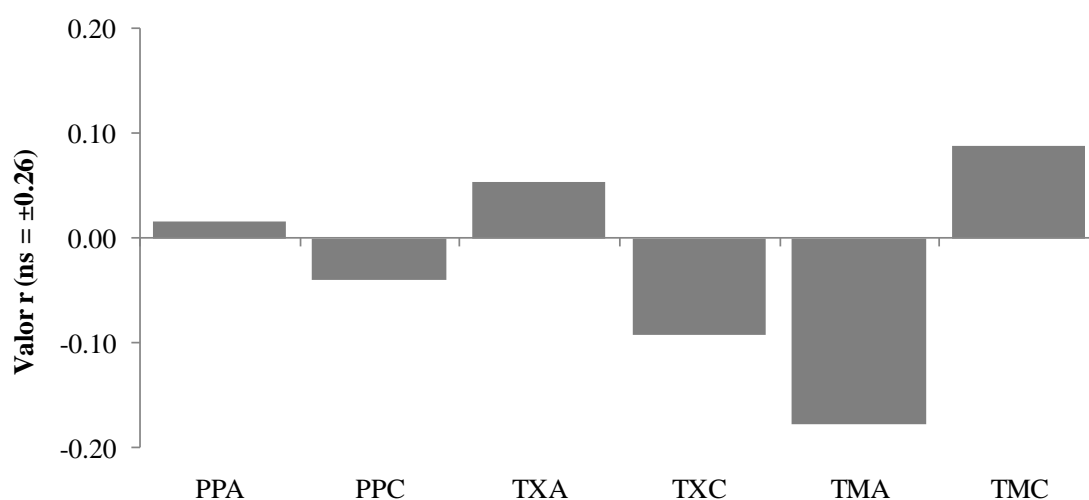


Figura 24: Correlação entre a série *standard* e as variáveis meteorológicas: precipitação anual total do ano anterior (PPA); precipitação anual total do ano corrente (PPC); temperatura máxima média do ano anterior (TXA); temperatura máxima média do ano corrente (TXC); temperatura mínima média do ano anterior (TMA); temperatura mínima média do ano corrente (TMC). Nível de significância $ns = \pm 0,26$.

Relação da cronologia com variáveis meteorológicas mensais

Considerando a relação do crescimento da espécie com a precipitação mensal, observa-se a influência positiva no período de crescimento corrente da espécie (Figura 25), quando os processos metabólicos demandam maior quantidade de água (LARCHER, 2004), coincidindo com o período de maior pluviosidade para a região. Entretanto, a relação negativa entre o crescimento e a precipitação dos primeiros meses do ano corrente, período de desenvolvimento do ano anterior, sugere que esforços excessivos em um ano comprometem o crescimento no ano seguinte, considerando os efeitos da disponibilidade hídrica na atividade cambial, durante inundações periódicas (WORBES, 1995; SCHONGART *et al.*, 2002). No entanto, as correlações do

crescimento com as variáveis mensais de precipitação não apresentaram valores significativos.

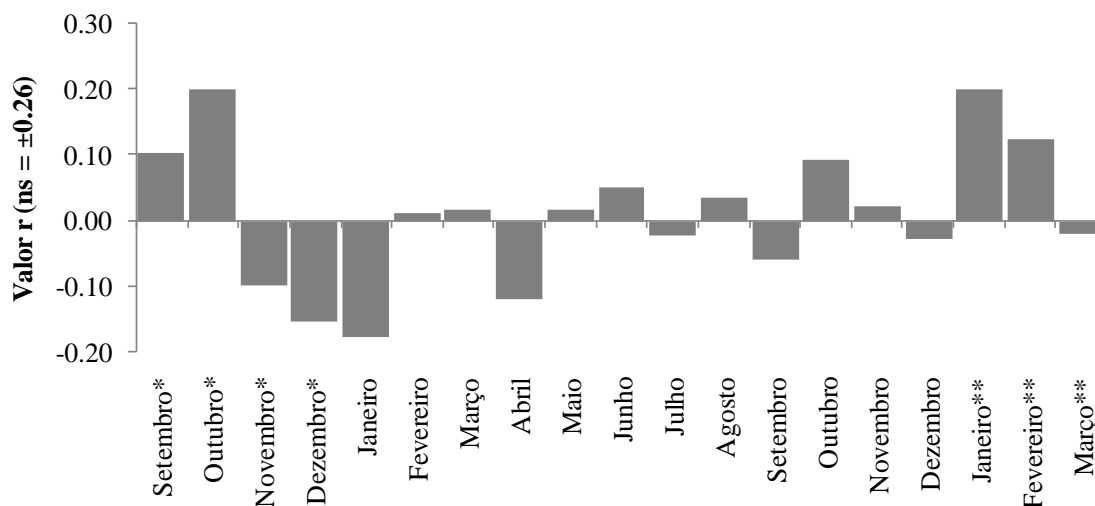


Figura 25: Correlação entre a série *standard* e a precipitação mensal total (*ano anterior; **ano seguinte). Nível de significância ns = ±0,26.

Os resultados para a temperatura mínima mensal também não apontaram relações significativas (Figura 26), o que difere de outros estudos.

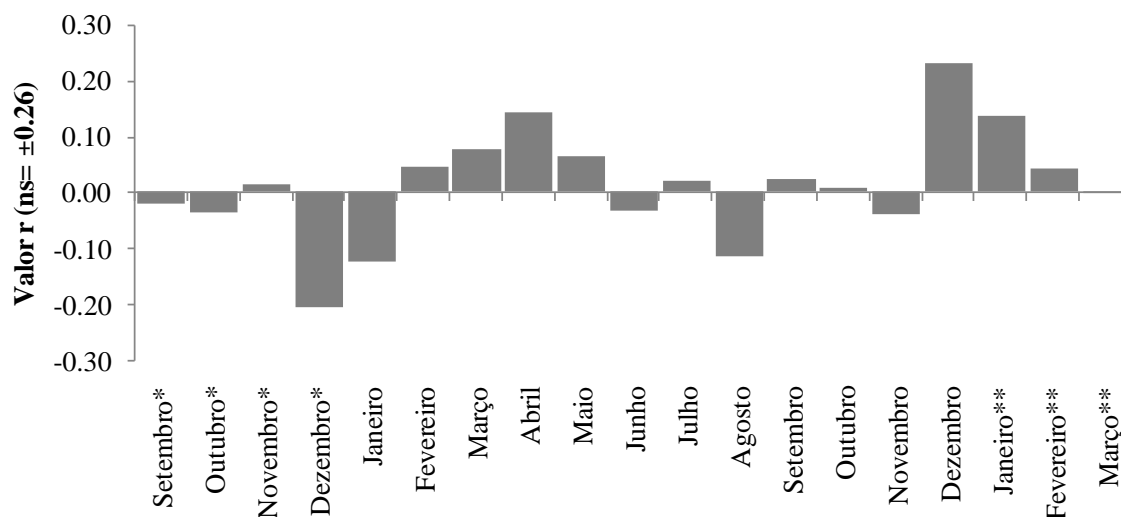


Figura 26: Correlações entre a série *standard* e a temperatura mínima mensal média (*ano anterior; **ano seguinte). Nível de significância ns = ±0,26.

Analisando a mesma espécie no Primeiro Planalto Paranaense, Longhi-Santos (2013) obteve resultados significativos em 52% dos meses avaliados, principalmente para o último trimestre do ano, mas com relação positiva em todos os meses. Kanieski

(2013), analisando indivíduos da mesma espécie em ambiente com saturação hídrica temporária, registrou correlação negativa entre o crescimento e a temperatura mínima anterior e corrente em praticamente todos os meses do ano, e significativa nos meses de outubro e abril referentes ao período de crescimento corrente.

A variação encontrada nos estudos, para a relação do crescimento da espécie com a temperatura mínima, ocorre devido às diferenças nas formações aluviais, relativas à heterogeneidade ambiental, ainda que em áreas próximas (DURIGAN; LEITÃO FILHO, 1995). Mesmo assim, os resultados obtidos neste estudo apontam a temperatura mínima como fator limitante, quando se correlaciona positivamente nos meses coincidentes com o período de crescimento corrente, o que sinaliza que temperaturas mínimas mais elevadas nesse período foram favoráveis para a formação dos anéis nos indivíduos amostrados.

Tratando-se da temperatura máxima mensal, as relações são, sobretudo, pouco expressivas, exceto para o mês de dezembro do ano anterior, com relação positiva, mas valor não significativo, e para o mês de julho corrente, em que a relação negativa teve valor significativo (Figura 27).

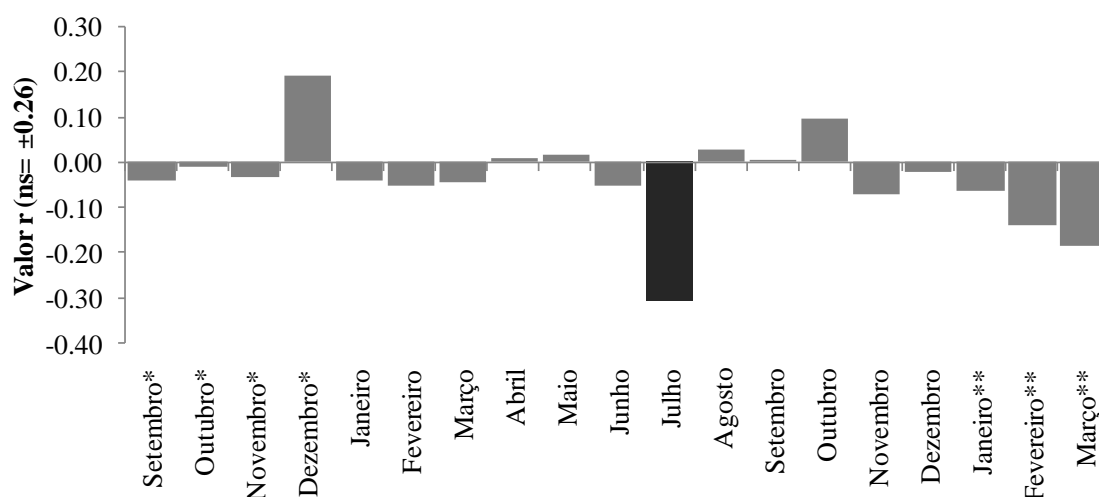


Figura 27: Correlações entre a série *standard* e a temperatura máxima mensal média (*ano anterior; **ano seguinte). Destaque para as variáveis com nível de significância $ns = \pm 0,26$.

Resultado semelhante foi obtido por Longhi-Santos (2013), o que demonstra que temperaturas elevadas são desfavoráveis nos meses precedentes à retomada do crescimento. Considerando a importância da temperatura na regência dos períodos de crescimento (FRITTS, 1976), supõe-se que a relação negativa para o mês de julho signifique que temperaturas mais elevadas estimulem o início do crescimento em épocas desfavoráveis, nas quais, normalmente para a região da planície do rio Pitangui, a temperatura e a disponibilidade hídrica são menores, comprometendo esse período de formação do anel.

CONCLUSÕES

Gymnanthes klotzschiana, analisada na planície do rio Pitangui, apresentou sensibilidade às variáveis meteorológicas demonstrando potencial para estudos dendroecológicos. Dessa forma, apesar do valor de intercorrelação estar abaixo do ponto crítico para significância estatística, a série padronizada obtida permitiu avaliar as relações do crescimento da população com as variáveis meteorológicas.

A série cronológica abrangeu um espaço de tempo curto se comparado ao período analisado no mapeamento, fato que reflete tanto a característica de uma espécie pioneira, quanto ao histórico de exploração madeireira na região, que ocorreu até o início da década de 1950.

Em consonância com estudos da mesma espécie realizados na região, embora a correlação não demonstre resultados significativos, a temperatura mínima aparece como principal fator limitante do crescimento, conforme indicaram os valores de correlação com as variáveis meteorológicas.

A relação do crescimento com a precipitação também foi expressiva, evidenciando a influência hidrológica sobre o crescimento da espécie na área analisada.

Apesar dos resultados demonstrarem que o comportamento dos indivíduos da planície aluvial do Pitangui se assemelha ao observado para a espécie na região, as divergências constatadas podem ter relação com outros fatores de influência incidentes nesse ecossistema ripário. Nesse sentido, no Capítulo III foram analisadas as relações entre a dinâmica da paisagem e o crescimento dos indivíduos de branquilha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br> Acesso: 30 mai. 2016.

BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Fitossociologia do sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no município de Araucária, PR. Santa Maria: **Ciência Florestal**. v. 14, n. 1, p. 35-45. 2004.

BITTENCOURT, J. S. **O Indez: nossa vida, nossa lida**. Ponta Grossa: Estúdio Texto, 2013.

CARDOSO, N. S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teca (*Tectona grandis*) – Verbanaceae**. Piracicaba, 1991, 117 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 436 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003, v. 1, p.247-253.

- COOK, E. R.; HOLMES, R. L. **Program ARSTAN users manual**. Tucson: The University of Arizona Press, 1984.
- COOK, E. R.; KAIRIUKSTIS, L. A. **Methods of dendrochronology: applications in the environmental science**. Amsterdam: Kluwer, 1990.
- COSMO, N. L. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguaçu-PR**. Curitiba, 2008, 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- COSMO, N. L. KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta botânica brasílica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 747-755, 2010.
- DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H.F. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. **Revista do Instituto Florestal**, v. 7, n. 2, p.197-239, 1995.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2009. 412 p.
- FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. Oxford: Elsevier Science, 1976.
- GRISSINO-MAYER, H. D. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. **Tree-Ring Research**, v. 57, n. 2, p. 205-221, 2001.
- GUILHERMETI, P. G. C. **Composição florística e crescimento de branquilha em diferentes condições da Floresta Ombrófila Mista Aluvial**. Guarapuava, 2015, 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275p.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP – Banco de dados Meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> Acesso: 30 mai. 2016.
- KANIESKI, M. R. **Estudo dendroecológico de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & R.J. Downs e de arbóreas invasoras em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, sul do Brasil**. Curitiba, 2013, 127 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- KITZBERGER, T.; VEBLEN, T. T.; VILLALBA, R. Métodos dendrocronológicos y sus aplicaciones en estudios de dinámica de bosques templados de Sudamérica. In: ROIG, F. A. **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 17-78.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004.
- LAVALLE, A. M. A participação da madeira na economia paranaense. **Publicatio UEPG**, v.1, n.1, p. 47-114, 1993.
- LONGHI-SANTOS, T. **Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná**,

Brasil. Curitiba, 2013, 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência&Ambiente**, Santa Maria, n. 24, p. 75-92, 2002.

SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.T.F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNA, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 581–597, 2002.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree-rings and environment dendroecology**. Vienna: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research/ Berne/ Stuttgart, Vienna: Haupt, 1996. 609 p.

STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **An Introduction to Three-ring Dating**. Chicago: University of Chicago Press, 1968. p. 73.

UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa/ NUCLEAM – Núcleo de Estudos em Meio Ambiente. **Bacia hidrográfica do manancial Alagados**. Ponta Grossa, 2002. Relatório técnico (CD-ROM).

WALKER, M. **Quaternary dating methods**. London: John Wiley & Sons, 2005. 286 p.

WIMMER, R. Wood anatomical features in tree-rings as indicator of environmental change. **Dendrochronology**, v. 20, n. 1-2, p.21-36, 2002.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees, a review. **IAWA Journal**, v. 16, n. 4, p. 337–351, 1995.

CAPÍTULO III

RELAÇÃO DO CRESCIMENTO DE *Gymnanthes klotzschiana* Müll. Arg. COM A DINÂMICA DA PAISAGEM ALUVIAL ENTRE 1958 E 2012

RESUMO

Neste trabalho foram analisadas as curvas de crescimento de *Gymnanthes klotzschiana* em pontos distribuídos pela planície aluvial do rio Pitangui, com o intuito de verificar possíveis efeitos de mudanças no uso do solo sobre o desenvolvimento da espécie. Em cada um dos sete pontos amostrais foram selecionadas três árvores para coleta de séries de crescimento. As amostras foram tratadas e digitalizadas em imagens para a identificação e mensuração dos anéis de crescimento. As séries foram sincronizadas com o auxílio do programa COFECHA. Para cada ponto foi gerada uma cronologia padronizada no programa ARSTAN, pelas funções exponencial negativa e *spline cúbico* com 67%. As cronologias dos pontos incluíram de 4 a 6 séries radiais temporais de crescimento, com idades entre 34 e 55 anos, valor de intercorrelação máximo de 0,542 e mínimo de 0,43. Os resultados não apontaram variações significativas entre as séries dos pontos ($p \leq 0,05$). No entanto, a análise de agrupamento mostrou o isolamento do ponto 3, situado nas áreas mais afetadas pelo uso antrópico. Essa análise também mostrou a distinção do ponto 5, composto por indivíduos mais jovem. A análise dos fatores não apresentou correlação com nenhuma das variáveis meteorológicas analisadas, de modo que o fator responsável pela variação pode estar vinculado às alterações na paisagem. O ponto 3, localizado na região mais afetada pelo uso antrópico, apresentou diferenças de crescimento em relação aos outros pontos, principalmente no período entre 1981 e 2001, coincidente com o surgimento de áreas antrópicas no local. A espécie analisada nos pontos ao longo da planície do rio Pitangui demonstrou potencial para estudos que integrem dinâmica da paisagem e Dendroecologia, considerando os resultados obtidos relacionando o crescimento da espécie com as alterações antrópicas ao longo do tempo.

Palavras-chave: Dendroecologia; zona ripária; influência antrópica.

ABSTRACT

In this work, was analyzed the growth patterns of *Gymnanthes klotzschiana* in the alluvial plain of the Pitangui River, in order to verify possible effects of the land use change on the development of the species. Was choose the largest trees at seven sampling points for collection of growth series. The samples were treated and digitized in images for the identification and measurement of growth rings. Was employed COFECHA software to synchronize the data. For each point, a standard chronology was generated in the ARSTAN software by the negative exponential and cubic spline

functions with 67%. The chronologies of each point included 4-6 growth series, with ages between 34 and 55 years, maximum intercorrelation value of 0.542 and minimum of 0.43. The results did not indicate significant variations between the series of points ($p \leq 0.05$). However, the clustering analysis showed the isolation of point 3, located in areas most affected by anthropic use. This analysis also showed the distinction of point 5, which presented the younger chronology. The analysis of the factors did not correlate with any of the meteorological variables analyzed, so that the factor responsible for the variation may be related to the land use. Point 3, located in the most affected region, by the anthropic use, presented growth differences in relation to the other points, mainly in the period between 1981 and 2001, coinciding with the appearance of anthropic areas in the place. The specie analyzed in the points along the Pitangui River plain showed potential for studies that integrate land use change analysis and Dendroecology, considering the results obtained relating the growth of the specie with the anthropogenic areas over time.

Key-words: Dendroecology; riparian zone; anthropogenic influence.

INTRODUÇÃO

Os processos ambientais que ocorrem em paisagens envolvem diversos fatores interdependentes, internos e externos, e de diferentes escalas e intensidades (FORMAN; GODRON, 1986; TURNER, 1989). Dessa forma, a relação entre os elementos gera condições que ocorrem consecutivamente e configuram um estado de equilíbrio dinâmico natural, mas provocam mudanças que orientam a evolução dos ambientes (ORME, 2007; WICANDER; MONROE, 2010).

A manutenção dos processos naturais está vinculada com o caráter e a magnitude das mudanças desencadeadas e com a capacidade de restabelecimento das condições normais. Quando ocorre um distúrbio numa floresta, por exemplo, mudanças desfavoráveis exigem que as espécies vegetais apresentem meios de adaptação para suportar as condições, de modo que a reação dos indivíduos varia de acordo com suas características genéticas (STOKES; SMILEY, 1968). Assim, diversos fatores interferem no crescimento das árvores, entre eles, alterações no habitat, disponibilidade de recursos e oscilações meteorológicas (SCHWEINGRUBER, 1996; LARCHER, 2004).

Considerando os fatores de influência e as reações de espécies vegetais sensíveis de acordo com suas características, algumas estratégias de adaptação de *Gymnanthes klotzschiana* são conhecidas, como variações anatômicas na formação de elementos de vaso, lenho de reação (COSMO, 2008; KANIESKI, 2013) e alterações nas taxas de incremento periódico (LONGHI-SANTOS, 2013). Quanto às taxas de incremento, a verificação de alterações se torna possível pela interpretação dos padrões registrados periodicamente em anéis de crescimento no lenho das árvores (STOKES; SMILEY, 1968; WALKER, 2005). Adicionalmente, os padrões de crescimento e sua relação com variáveis ambientais permitem verificar as influências das condições do ambiente no

comportamento dos indivíduos, e dessa maneira, possibilitam determinar as implicações para a manutenção dos ecossistemas (WIMMER, 2002).

A espécie *Gymnanthes klotzschiana* predomina nas florestas aluviais dos planaltos paranaenses (RODERJAN *et al.*, 2002; IBGE, 2012) e frequentemente serve como bioindicadora, devido à capacidade de ocupar terrenos distintos, em termos pedológicos e hidrológicos, e por refletir as variações através de características fisiológicas, anatômicas e comportamentais (CURCIO *et al.*, 2007; COSMO, 2008; KANIESKI, 2013; LONGHI-SANTOS, 2013).

Os ambientes aluviais são constantemente transformados pela ação de fatores naturais como a pluviosidade, que gera pulsos de inundação, determinando mudanças nos regimes hídricos, que por sua vez, influenciam no crescimento das espécies locais (MALANSON, 1993; LARCHER, 2004). De maneira semelhante, as transformações causadas pela ação humana modificam as condições ambientais conforme a escala e o caráter dessas intervenções, podendo alterar o balanço hídrico, o que afetaria o crescimento das espécies (ALLAN, 2004; LARCHER, 2004).

Nesse sentido, a partir da análise integrando dinâmica da paisagem com estudos de anéis de crescimento pretendeu-se identificar as possíveis relações dos padrões de crescimento de *Gymnanthes klotzschiana* com as mudanças no uso do solo ao longo da planície aluvial do Pitangui. A análise da dinâmica da paisagem demonstrou o surgimento de áreas antrópicas em determinados locais da planície, ao longo do tempo, e o estudo dendroecológico confirmou a sensibilidade da espécie às oscilações ambientais, bem como as relações entre o crescimento dos indivíduos e as variáveis meteorológicas, parcialmente divergentes das encontradas na bibliografia.

Considerando que as variações no crescimento das árvores têm relação com a interação de inúmeros fatores (SCHWEINGRUBER, 1996; LARCHER, 2004), a verificação dos efeitos do uso do solo da planície sobre o crescimento dos indivíduos deve levar em conta a interdependência dos processos ambientais, em que a análise envolvendo as áreas da planície contemple fatores externos que têm ligação com a manutenção das áreas aluviais. Nesse sentido, buscou-se verificar se: (i) A análise dos anéis de crescimento do ponto de vista Dendroecológico seria uma ferramenta adequada para detectar efeitos de alterações antrópicas na região? (ii) *Gymnanthes klotzschiana*, espécie dominante na floresta aluvial, poderia, através de variações no crescimento, refletir alterações ocorridas na dinâmica da paisagem?

MATERIAL E MÉTODOS

Base cartográfica

Para este estudo foi utilizada a base cartográfica mencionada nos capítulos anteriores.

Coleta e análise dos dados dendrológicos e meteorológicos

A coleta e a análise dos dados dendroecológicos e meteorológicos seguiram a mesma metodologia do Capítulo II.

Quanto à organização das séries meteorológicas, adicionalmente, os dados foram dispostos para representar a precipitação total e temperaturas mínimas e máximas médias da região considerando o período cronológico de crescimento vegetativo da espécie, no intervalo anual com início no mês de julho e final no mês de junho seguinte (Figura 28).

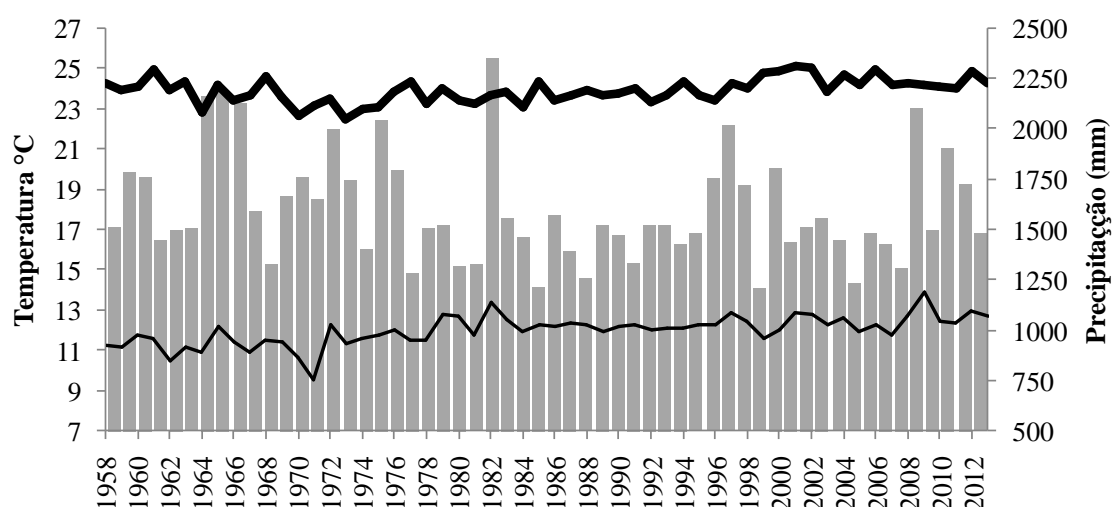


Figura 28: Climatograma de precipitação anual total (mm) (Barras), temperaturas máximas e mínimas médias anuais (°C) (Linhas) para o período de crescimento vegetativo.

Testes estatísticos

A verificação de diferenças entre as séries cronológicas padronizadas dos pontos foi realizada para o período total – 1958 a 2012 – e para cada intervalo em que foram mapeadas as mudanças na paisagem (1958 a 1980); (1981 a 2001); e (2002 a 2012). O método envolveu a Análise de Agrupamento (Cluster), empregando o índice de correlação de Pearson “r” e a distância euclidiana, e a Análise de Componentes Principais (PCA). Para os resultados da PCA foram considerados o menor número de fatores que somados explicassem mais de 65% da variação. Nos cálculos que incluíram o período entre 1958 e 1980, os campos sem valor de crescimento das séries mais curtas foram preenchidos por médias, de forma que o emparelhamento dos dados permitisse as análises.

Para avaliar a dependência espacial entre os sete pontos amostrais foi realizado o teste de autocorrelação, empregando o índice de Moran (I), a partir do incremento

médio das árvores de cada local e da distribuição dos pontos na paisagem, gerando um correlograma.

As diferenças entre as séries *standard* dos pontos foram testadas por análise de variância (ANOVA), considerando o intervalo de 1958 a 2012 e, também, os períodos do mapeamento das mudanças.

Para identificar possíveis variáveis responsáveis pelo crescimento diferenciado entre os pontos, foi realizada uma Análise de Componentes Principais levando-se em conta as variações anuais entre as curvas de crescimento dos pontos. Assim, os fatores de variação anual resultantes da PCA foram correlacionados com as séries meteorológicas. As relações entre as séries meteorológicas e os fatores resultantes da PCA foram aferidas para o período corrente, com os valores de crescimento emparelhados com os registros meteorológicos do mesmo ano, e para o período anterior, combinando os valores de crescimento com os dados meteorológicos do ano anterior, a fim de analisar os efeitos das variáveis ambientais precedentes ao período de crescimento. Os dados meteorológicos organizados para o período de crescimento vegetativo foram correlacionados com os fatores da PCA para avaliar a influência do clima durante o intervalo de formação dos anéis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos e sincronização das séries de crescimento dos pontos

A sincronização dos dados para a formulação das cronologias incluiu entre 4 e 6 séries temporais de crescimento em cada ponto. As cronologias geradas apresentaram entre 34 e 55 anos, atingindo valor de intercorrelação máximo de 0,542 e mínimo de 0,43 (Tabela 4).

Os valores de intercorrelação obtidos para a maioria dos pontos ficaram acima do considerado estatisticamente crítico ($r = 0,51$), exceto para os pontos 1 e 7. Mesmo assim, podem ser considerados altos em razão das condições meteorológicas regionais e das características da espécie referentes à periodicidade e qualidade da formação dos anéis (GRISSINO-MAYER, 2001; COSMO, 2008; COSMO *et al.*, 2010; LONGHI-SANTOS, 2013), bem como, pelas idades curtas das séries e pela extensão de sobreposição de segmentos considerada durante a sincronização dos dados.

As cronologias geradas para os pontos apresentaram valores para sensibilidade média entre 0,408 e 0,531, demonstrando que os indivíduos amostrados são sensíveis às oscilações meteorológicas independentemente do local (GRISSINO-MAYER, 2001). Assim sendo, os resultados encontrados nesta e em outras análises (LONGHI-SANTOS, 2013; KANIESKI, 2013) evidenciam o potencial de *Gymnanthes klotzschiana* para estudos dendroecológicos relacionados à investigação dos efeitos de variações ambientais no crescimento da espécie.

Tabela 4: Estatística descritiva das séries dos anéis de crescimento de *Gymnanthes klotzschiana* para os pontos ao longo da planície do rio Pitangui, Paraná, Brasil, no programa COFECHA.

Pontos amostrais	1	2	3	4	5	6	7
Número de árvores	3	3	3	2	3	3	3
DAP máximo	29,3	25,8	32,8	25,5	19,1	32,5	26,1
DAP médio	26,0	20,8	28,6	22,1	17,6	24,9	23,1
DAP mínimo	23,9	16,9	25,8	18,8	16,9	19,8	17,5
Número de séries	5	6	6	4	5	6	6
Idade da série	50	35	55	41	34	53	40
Idade média	41	31,7	51,2	36,5	29,8	46,2	36,8
Ano inicial	1963	1978	1958	1972	1979	1960	1973
Ano final	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Número de anéis	205	190	307	146	149	277	221
Intercorrelação (r)	0,465	0,542	0,514	0,516	0,529	0,537	0,43
Sensibilidade média (s)	0,426	0,486	0,467	0,408	0,531	0,417	0,434

Os indivíduos amostrados no ponto 5 tiveram os menores diâmetros, geraram a série padronizada mais jovem, com 34 anos, e juntamente com os indivíduos do ponto 2, apresentaram as séries *standard* com os menores números de anéis de crescimento.

O ponto 3 apresentou a série formada pelos indivíduos de maior diâmetro, em média, dentre os amostrados, e também com a maior idade (Figura 29).

Variações entre as cronologias dos pontos

As séries *standard* dos pontos amostrados não apresentaram diferenças significativas, conforme a análise de variância, demonstrando que o crescimento dos indivíduos foi semelhante, independentemente da área (Tabela 5). No entanto, as diferenças no crescimento dos indivíduos de áreas com grande homogeneidade ambiental, como na planície aluvial, talvez não sejam verificadas por essa técnica, sendo necessárias análises mais rigorosas e detalhadas, na busca por variações mais discretas, que não a média dos quadrados dos desvios.

Tabela 5: Análise de Variância (ANOVA) entre as séries *standard* dos pontos. SQ: soma dos quadrados; gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio.

Varição	SQ	gl	QM	F	Valor p
Entre-pontos	0,01	6	0,00	0,02	1,00
Intra-pontos	23,28	301	0,08		
Total	23,28	307			

A análise de agrupamento demonstrou a maior correlação entre os pontos 2 e 7, seguidos pelos pontos 3 e 6. O ponto 5 apresentou menor correlação com os demais, seguido pelos pontos 1 e 4 (Figura 30).

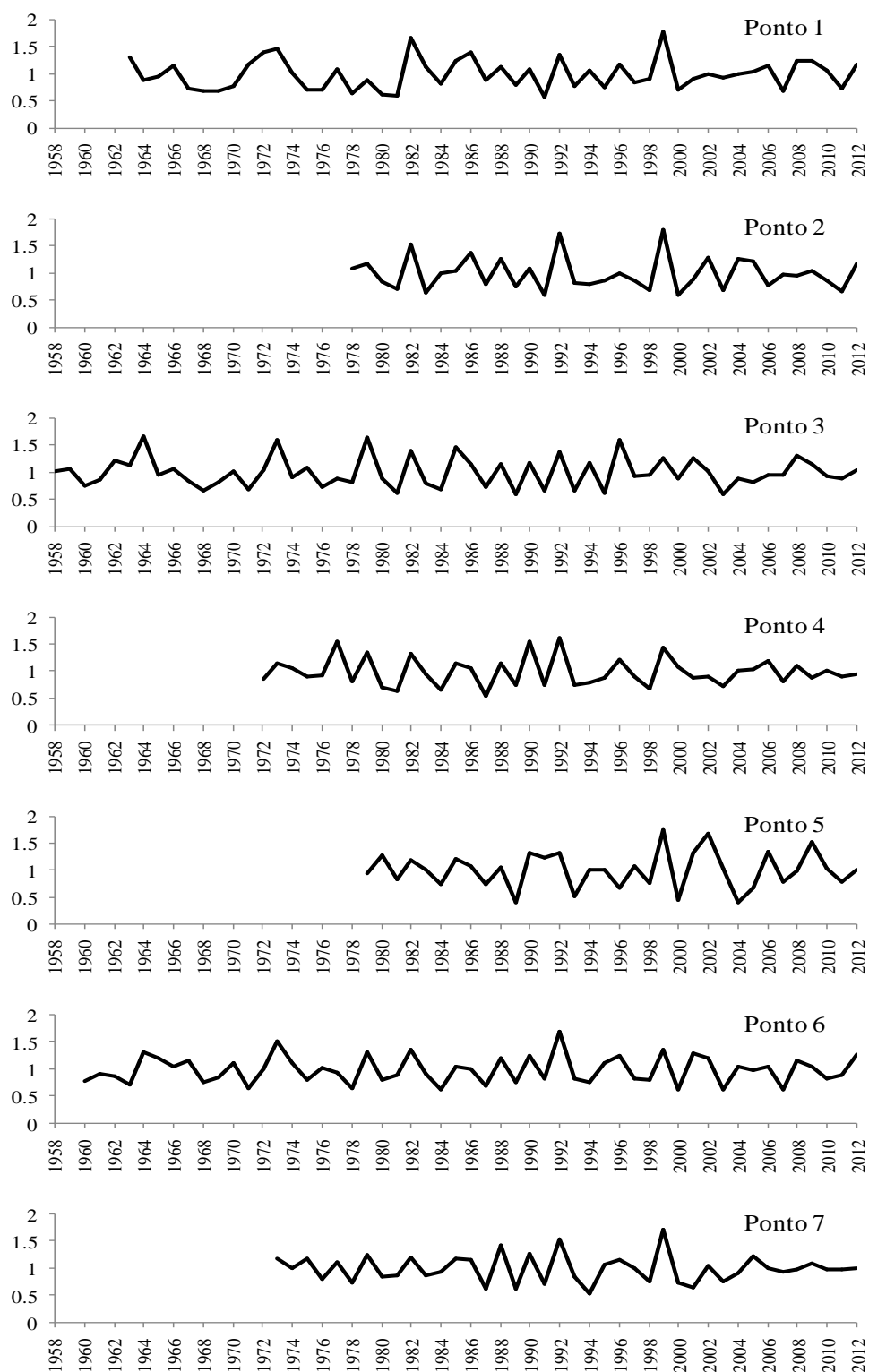


Figura 29: Séries de crescimento *standard* dos pontos amostrais.

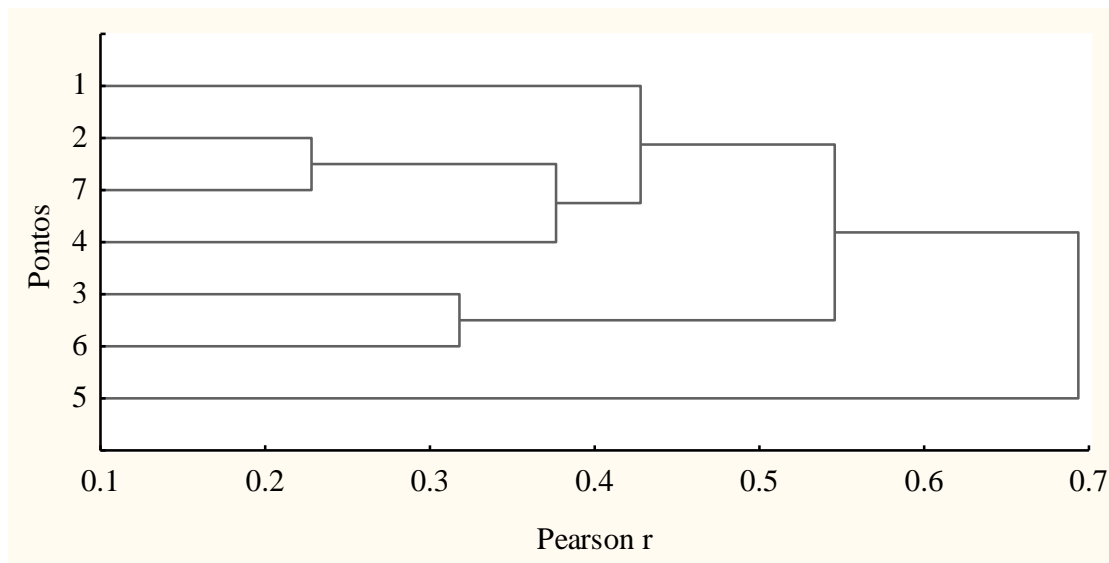


Figura 30: Análise de agrupamento (Cluster) das séries *standard* dos pontos considerando o índice de Pearson “r” e emparelhamento de dados por médias. Coeficiente cofenético: 0,92.

A análise de agrupamento considerando a distância euclidiana demonstrou a maior proximidade para os pontos 4 e 7, seguidos pelos pontos 6, 2 e 1. Além do distanciamento observado do ponto 5 para os demais, o ponto 3 aparece isolado de acordo com esta análise (Figura 31).

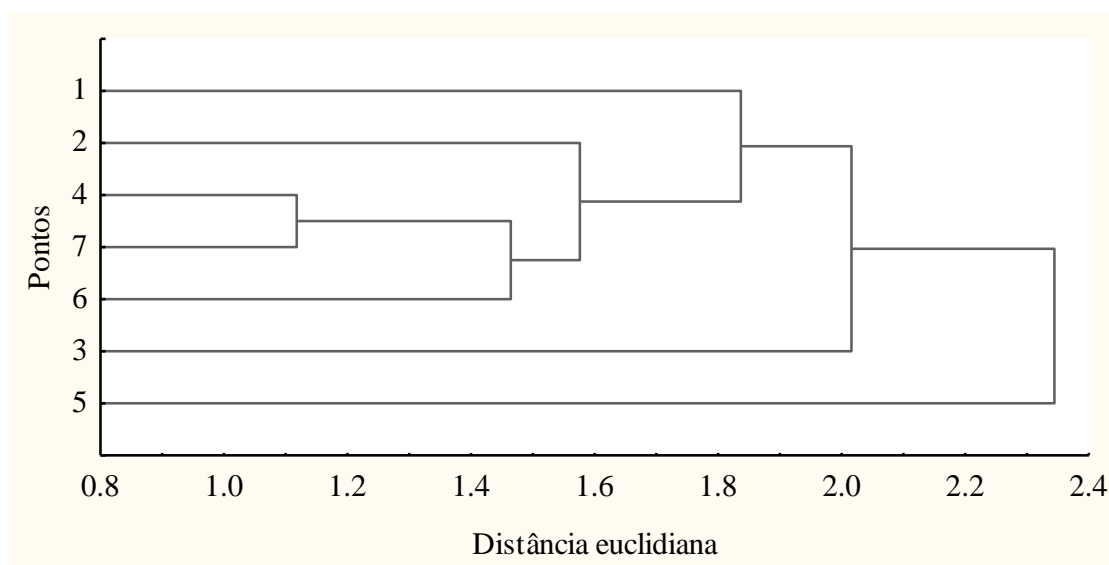


Figura 31: Análise de agrupamento (Cluster) das séries *standard* dos pontos considerando a distância Euclidiana e emparelhamento de dados por médias. Coeficiente cofenético: 0,94.

Cabe salientar que o ponto 3 se encontra no entorno das áreas mais afetadas em extensão e intensidade pelo uso antrópico. Também, conforme os resultados observados

no Capítulo II, os indivíduos de *Gymnanthes klotzschiana* da planície aluvial estudada mostraram sensibilidade às flutuações meteorológicas, tendo sido o crescimento condicionado pela variação térmica e pela disponibilidade hídrica, portanto, sujeitos às variações ambientais. Considerando que o crescimento dos indivíduos sofre influência de complexas interações entre fatores genéticos e ambientais (STOKES; SMILEY, 1968), as variações naturais nas condições do ambiente, como as oscilações térmicas e pluviométricas periódicas, podem favorecer ou prejudicar o desenvolvimento dos organismos biológicos de uma área. Nesse sentido, alterações em ambientes aluviais desencadeadas pela ação humana, sejam por desmatamento, drenagem ou represamento de canais fluviais, também podem ocasionar mudanças na flutuação térmica e nos regimes hidrológicos conforme a intensidade e magnitude (ALLAN, 2004), de modo que poderiam afetar as taxas de crescimento das espécies nessas áreas.

De acordo com Barddal *et al.* (2004), o regime de hidromorfia e a rugosidade superficial dos solos na planície aluvial são responsáveis por variações na comunidade arbórea. Cosmo (2008) relaciona o incremento do lenho de *Gymnanthes klotzschiana* com classes pedológicas, evidenciando a influência dos atributos hidromórficos e texturais dos tipos de solos no crescimento das árvores. Com base no exposto, supõe-se que as alterações na paisagem aluvial do Pitangui ao longo do tempo, somadas às alterações nas áreas de interflúvio da bacia, estas com maior extensão, tenham causado mudanças nas condições ambientais potencialmente capazes de afetar o crescimento dos indivíduos arbóreos analisados.

Longhi-Santos (2013), estudando a mesma espécie desta análise, verificou diferenças entre os padrões de crescimento anteriores e posteriores à ocorrência de mudanças no canal fluvial do rio Barigui, na região de Curitiba – PR. O autor relaciona as diferenças de crescimento como consequências dos processos desencadeados pela retificação do rio, antes meandrante.

Observou-se a discrepância do ponto 5 para os demais. Esse fato pode estar ligado à idade das árvores amostradas no local, mais jovens, com padrões de crescimento diferentes de árvores mais velhas (MARIA, 2002), sendo esse influenciado por fatores como posição social, competição por luz e condição hidromórfica, dentre outros. Entretanto, o distanciamento do ponto 3 dos demais aponta para o crescimento diferenciado dos indivíduos analisados nesse local. A ausência de valores para as alterações na paisagem que se correlacionem com o crescimento anual da espécie dificulta a verificação dessa relação. Porém, o isolamento pela distância euclidiana e a menor correlação do ponto 3 com os demais, demonstra que o crescimento desses indivíduos teve influência de um fator exclusivo naquele local. No entorno do ponto 3 foram verificados canais artificiais de drenagem que podem ter alterado os fluxos hidrológicos (NRC, 2002), e interferido na conectividade entre as áreas da planície proporcionada pelos pulsos de inundação (DECAMPS *et al.*, 1988; AUBLE *et al.*, 1994).

A análise de componentes principais revelou que o primeiro fator explica 61,5% da variação entre as séries dos pontos, enquanto que o segundo está relacionado a 10,8% da variação (Figura 32). Esta análise evidencia a distinção do ponto 5 para os demais, o

qual apresenta cronologia composta por árvores mais jovens, com altas taxas de crescimento anual. No lado oposto se encontra o ponto 3, com árvores mais velhas, que apresentam taxas de crescimento menores em determinada época.

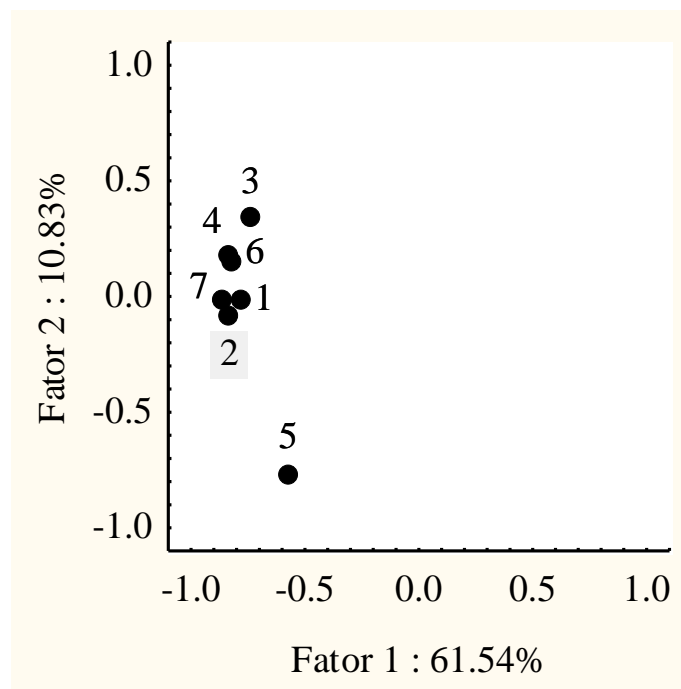


Figura 32: Análise de Componentes Principais (PCA) das séries *standard* dos pontos.

O primeiro fator responsável pelas variações não apresentou correlação significativa com nenhuma das variáveis meteorológicas analisadas (Figura 33).

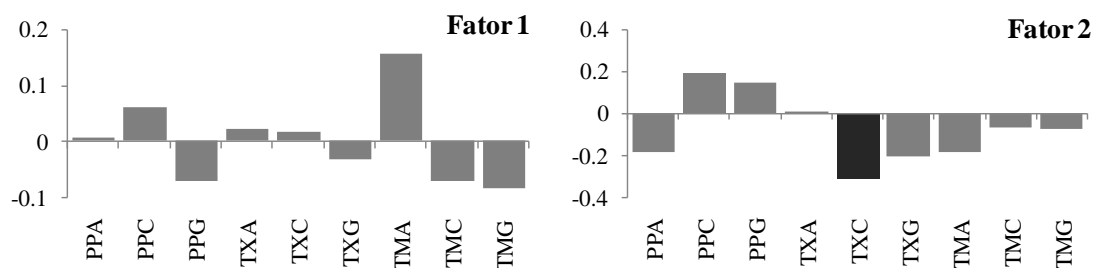


Figura 33: Correlação entre os fatores obtidos pela PCA para a variação anual das séries *standard* dos pontos e as variáveis meteorológicas: precipitação anual total do ano anterior (PPA); precipitação anual total do ano corrente (PPC); precipitação anual total do período de crescimento do anel (PPG); temperatura máxima média do ano anterior (TXA); temperatura máxima média do ano corrente (TXC); temperatura máxima média do período de crescimento do anel (TXG); temperatura mínima média do ano anterior (TMA); temperatura mínima média do ano corrente (TMC); temperatura mínima média do período de crescimento do anel (TMG). Destaque para as variáveis com nível de significância ($ns = \pm 0,26$).

O valor da correlação do segundo fator com a temperatura máxima do período de crescimento corrente foi negativo e estatisticamente significativo.

As relações do crescimento dos indivíduos com as variáveis meteorológicas anuais e mensais obtidas no Capítulo II, com valores de correlação inferiores aos considerados significativos, parcialmente divergentes de outras análises na região, bem como a baixa correlação das variáveis meteorológicas com o primeiro fator de variação apontado pela PCA, mostram que uma variável interveniente não identificada nesse teste foi responsável pelos padrões de crescimento diferenciados observado nos indivíduos entre os pontos avaliados na planície do Pitangui. Adicionalmente, a análise da dependência espacial entre os pontos para diferenças no incremento médio das árvores não apresentou valor de autocorrelação significativo ($p \leq 0,05$) (Figura 34), demonstrando que as variações observadas ao longo da planície não estão relacionadas com a distribuição geográfica, e sim, a outro fator.

Dessa forma, buscou-se, por meio do mapeamento das áreas antrópicas, gerar dados que suprissem a falta de uma variável que pudesse ser relacionada com as taxas médias anuais de crescimento da espécie ou que representasse fielmente a conversão de áreas nativas como um fator condicionante diretamente vinculado aos indivíduos amostrados em cada ponto. Portanto, esse mapeamento proporciona uma ferramenta de análise visual das relações entre o período de ocorrência e localização das áreas antrópicas, e as diferenças no crescimento das árvores analisadas em cada ponto, conforme os resultados dos testes estatísticos.

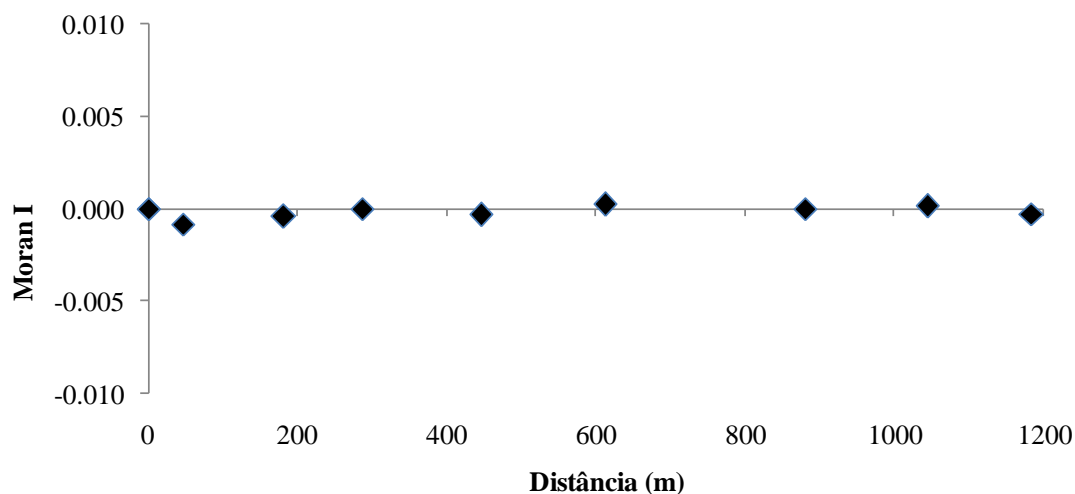


Figura 34: Correlograma da variação no incremento médio das árvores em função da distribuição espacial dos pontos amostrais.

Os resultados da análise de agrupamento e de PCA apontaram diferenças no crescimento de árvores no ponto situado entre manchas de uso antrópico. Esses valores, associados ao fato de que o primeiro fator da variação não apresentar correlação significativa com nenhuma variável meteorológica, sugerem que o primeiro promotor das diferenças no crescimento dos indivíduos amostrados ao longo da planície esteja

associado a outro evento de magnitude na área, a ponto de alterar condições normais de crescimento.

Nesse contexto, os dados expostos apontam para as alterações na paisagem como responsáveis pelas variações no crescimento dos indivíduos entre os pontos, considerando a conversão de áreas nativas como evento de maior magnitude na área, tanto em extensão, intensidade e resiliência.

Variações entre as cronologias dos pontos por períodos

Período de 1958 a 1980

O crescimento dos indivíduos amostrados não apresentou diferenças significativas entre os pontos para o período entre 1958 e 1980 ($p \leq 0,05$), demonstrando que a variância dos índices de crescimento dos indivíduos foi semelhante independentemente da área (Tabela 6).

Tabela 6: Análise de Variância (ANOVA) entre as séries *standard* dos pontos para o período 1958 a 1980. SQ: soma dos quadrados; gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio.

Varição	SQ	gl	QM	F	Valor p
Entre-pontos	0,10	6	0,02	0,25	0,96
Intra-pontos	5,15	77	0,07		
Total	5,25	83			

A análise de agrupamento demonstrou uma maior correlação entre os pontos 3 e 6, seguidos pelos pontos 4 e 7. O ponto 5 apresentou menor correlação (Figura 35). A análise de agrupamento considerando a distância euclidiana demonstrou a maior proximidade para os pontos 2 e 7, agrupados com o ponto 4. Os pontos 3 e 6 aparecem relacionados, enquanto o ponto 1 aparece mais distante (Figura 36). Na análise de agrupamento para este período não foi calculado o coeficiente cofenético devido à disparidade entre as cronologias dos pontos, sendo que as mais jovens não apresentaram dados para determinados anos, e, quando emparelhadas por médias impossibilitam o cálculo desse coeficiente.

A análise de componentes principais revelou que o primeiro fator explica 51,6% da variação entre as séries dos pontos, enquanto que o segundo está relacionado a 18,5% da variação (Figura 37). Esta análise evidencia a distinção entre o ponto 5 os demais, considerando o 1º fator, bem como do ponto 2, pelo 2º fator.

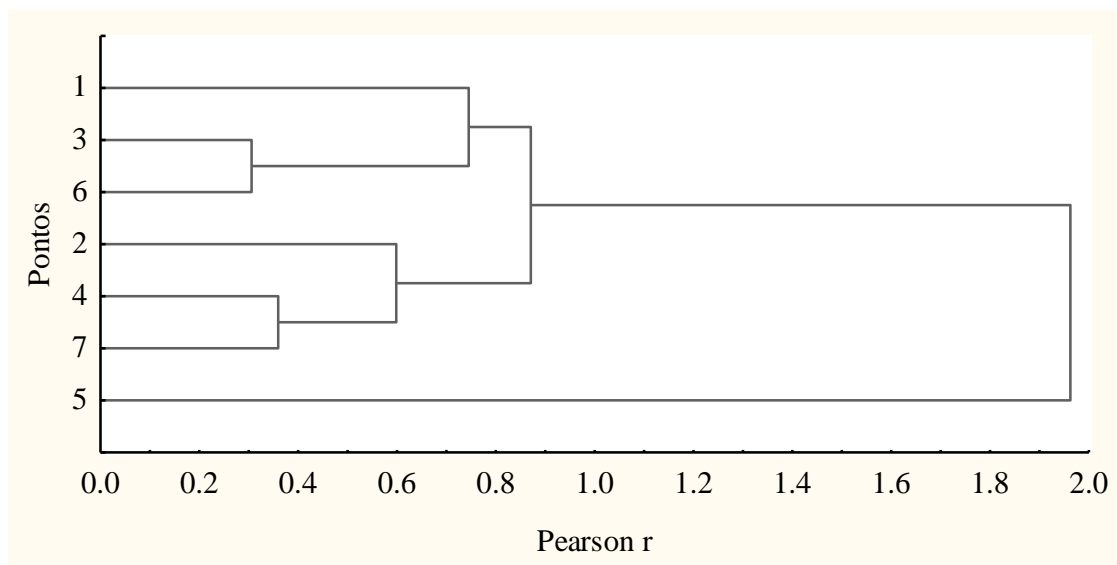


Figura 35: Análise de agrupamento (Cluster) das séries *standard* dos pontos para o período de 1958 a 1980, considerando o índice de Pearson “ r ” e emparelhamento de dados por médias.

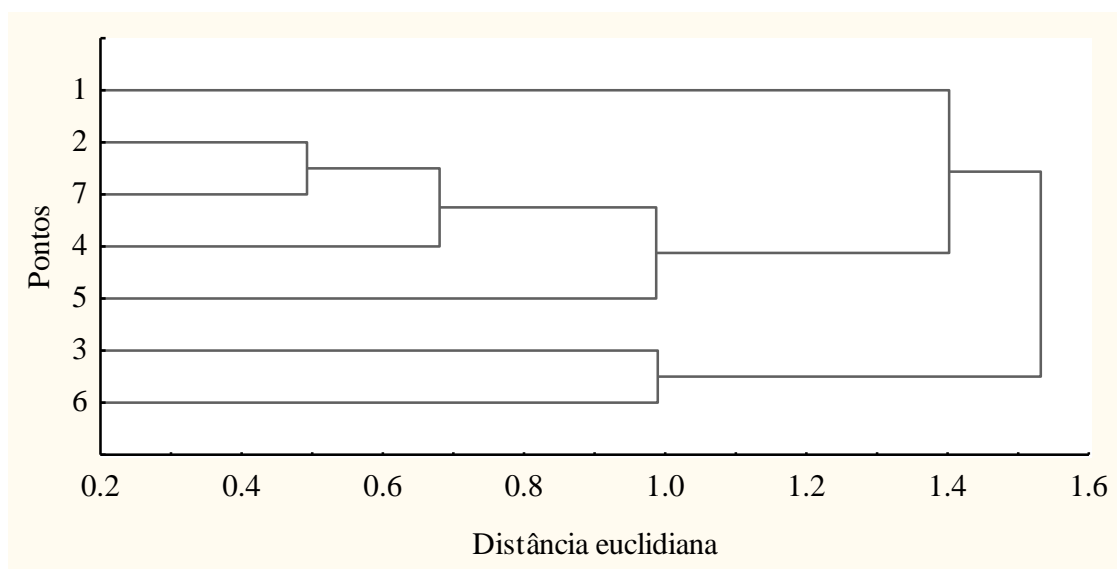


Figura 36: Análise de agrupamento (Cluster) das séries *standard* dos pontos para o período de 1958 a 1980, considerando a distância euclidiana e emparelhamento de dados por médias.

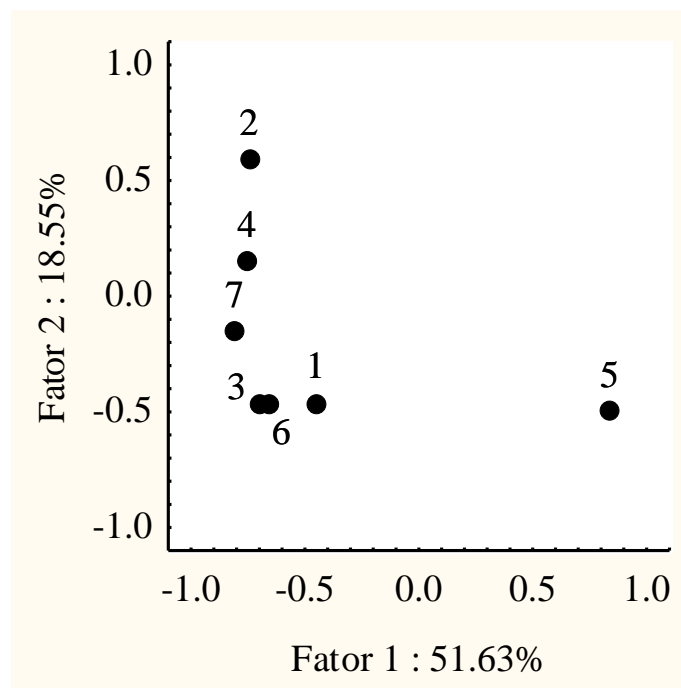


Figura 37: Análise de Componentes Principais (PCA) das séries *standard* dos pontos para o período de 1958 a 1980, considerando o índice de Pearson “r”.

A distinção desses pontos ocorre provavelmente pela idade das séries, que por serem curtas, a análise empregando o emparelhamento por médias influencia os resultados para esse período, ou seja, preencher os anos com campos vazios pelas médias gera uma curva que pode não corresponder à realidade de crescimento dos indivíduos nesses pontos. Por exemplo, a abrangência temporal da cronologia do ponto 5, entre os anos 1979 e 2012, apresentou anéis datados nas amostras para apenas dois anos desse período, sendo que os valores de 21 anos necessários para emparelhar os dados com a cronologia do ponto 3, iniciada em 1958, foram gerados pelas médias de crescimento existentes. No entanto, tal fato auxilia na verificação de diferenças de crescimento nos períodos seguintes, quando todas as séries dos pontos abrangem o período completo, considerando que estudos dendroecológicos devem envolver árvores de diferentes idades, como forma de homogeneizar as variações de crescimento de cada indivíduo (KITZBERGER *et al.*, 2000).

O primeiro fator responsável pelas variações não apresentou correlação significativa com nenhuma das variáveis meteorológicas analisadas (Figura 38). O valor da correlação do segundo fator com a temperatura máxima do período corrente foi estatisticamente significativo e positivo.

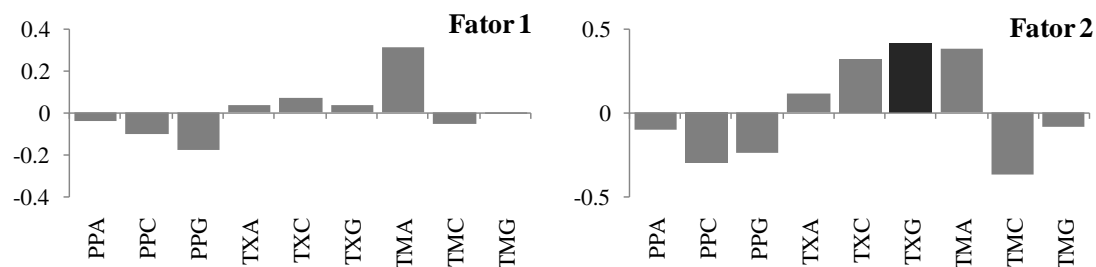


Figura 38: Correlação entre os fatores obtidos pela PCA para a variação anual das séries *standard* dos pontos para o período de 1958 a 1980 e as variáveis meteorológicas: precipitação anual total do ano anterior (PPA); precipitação anual total do ano corrente (PPC); precipitação anual total do período de crescimento do anel (PPG); temperatura máxima média do ano anterior (TXA); temperatura máxima média do ano corrente (TXC); temperatura máxima média do período de crescimento do anel (TXG); temperatura mínima média do ano anterior (TMA); temperatura mínima média do ano corrente (TMC); temperatura mínima média do período de crescimento do anel (TMG). Destaque escurecido para as variáveis com nível de significância ($ns = \pm 0,41$).

Esses resultados apontam um fator não identificado como principal responsável pela variação no crescimento durante o período, possivelmente vinculado à natureza dos dados gerados pela substituição por médias.

Período de 1981 a 2001

O crescimento dos indivíduos amostrados não apresentou diferenças significativas entre os pontos para o período entre 1981 a 2001 ($p \leq 0,05$), sugerindo que a variância dos índices de crescimento dos indivíduos foi semelhante independentemente da área (Tabela 7).

A análise de agrupamento demonstrou uma maior correlação entre os pontos 1 e 2, seguidos pelos pontos 4, 7, 6, isolados do ponto 5. O ponto 3 apresentou menor correlação com os demais (Figura 39). A análise de agrupamento considerando a distância euclidiana demonstrou a maior proximidade para os pontos 4 e 6, seguidos pelos pontos 2, 7 e 5. Os pontos 1 e 3 aparecem como um grupo isolado (Figura 40).

Tabela 7: Análise de Variância (ANOVA) entre as séries *standard* dos pontos para o período de 1981 a 2001. SQ: soma dos quadrados; gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio.

Variação	SQ	gl	QM	F	Valor p
Entre-pontos	0,03	6	0,01	0,06	1,00
Intra-pontos	14,58	140	0,10		
Total	14,61	146			

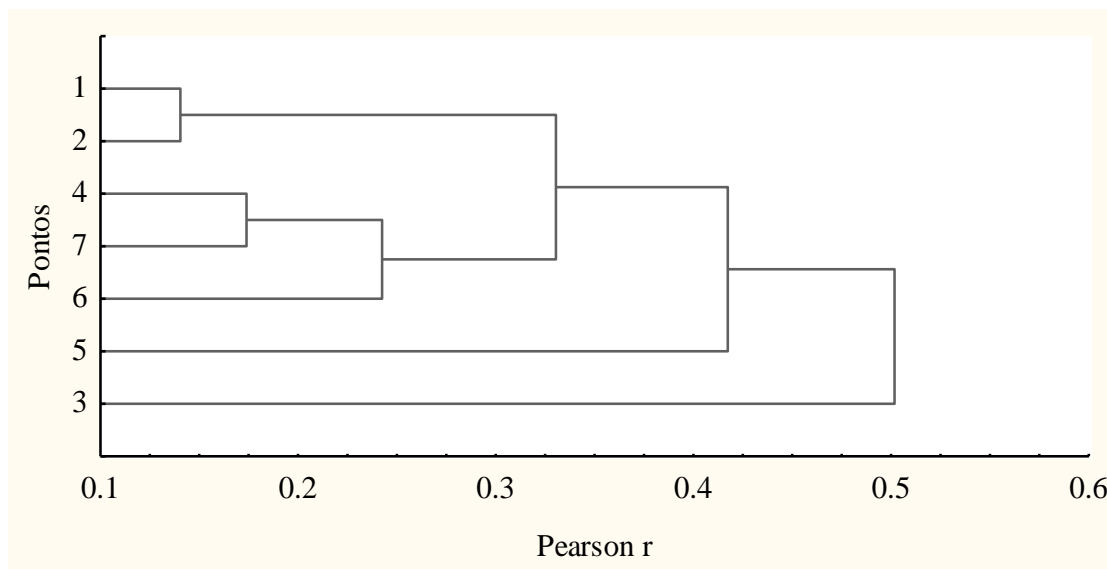


Figura 39: Análise de agrupamento (Cluster) das séries *standard* dos pontos para o período de 1981 a 2001, considerando o índice de Pearson “r”. Coeficiente cofenético: 0,82.

Conforme discutido anteriormente, a distinção do ponto 5 nesse período demonstra a variação nos padrões de crescimento em relação às demais cronologias, resultado ligado à fase de desenvolvimento jovem das árvores amostradas, considerando as taxas médias de crescimento maiores.

Observou-se o isolamento do ponto 3 para os demais, sobretudo, pela correlação de Pearson. Conforme já mencionado, o ponto 3 se encontra na região mais afetada pela abertura de áreas antrópicas, mapeadas em 1980. Cabe ressaltar que, juntamente com as registradas na planície, foram implantadas diversas áreas antrópicas no restante da bacia motivadas pela expansão da agricultura no estado a partir da década de 1960 (CODESUL, 1976; FRANCO; PEREIRA, 2008). Juntamente com o aumento do uso do solo na bacia do Pitangui, os níveis de erosão e perda de sedimento cresceram progressivamente desde 1952, o que acarretou no assoreamento do reservatório (LEMOIS *et al.*, 2011). Embora as áreas às margens da planície não tenham sido incluídas no estudo e, considerando a interdependência espaço-funcional dentro de uma bacia hidrográfica, os resultados sugerem que, de alguma forma, as áreas antrópicas estabelecidas nos interflúvios nessa época podem ter relação com a manutenção das áreas aluviais, o que pode ter intensificado determinados processos causados pelo manejo agrícola, como transporte de sedimento e pulsos de inundação (NRC, 2002).

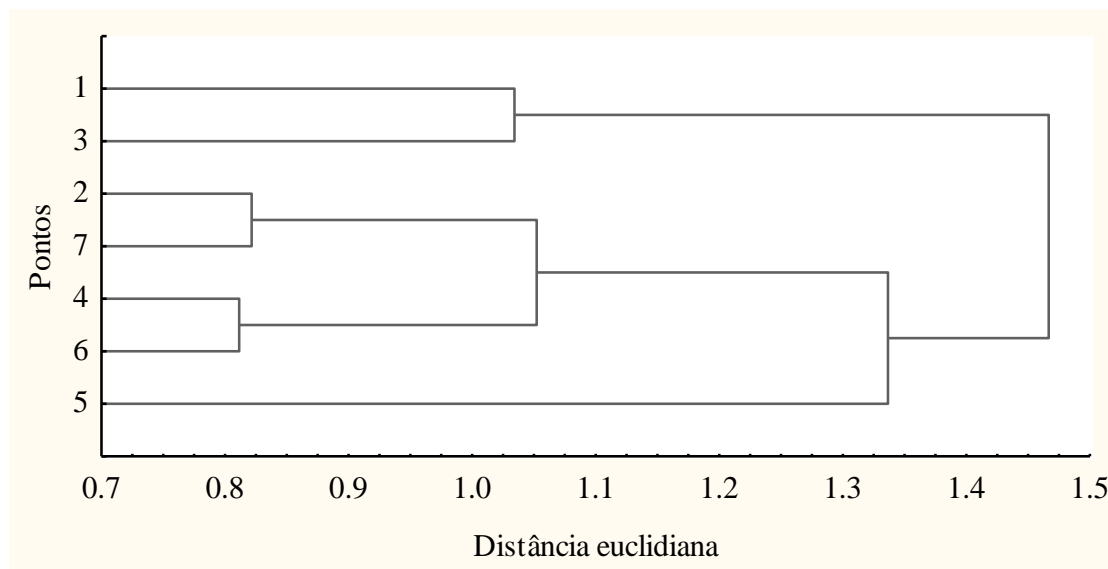


Figura 40: Análise de agrupamento (Cluster) das séries *standard* dos pontos para o período de 1981 a 2001, considerando a distância euclidiana. Coeficiente cofenético: 0,80.

Uma análise detalhada das mudanças na paisagem (Figura 10 – Capítulo I) das áreas no entorno imediato ao ponto 3 demonstram que houve diminuição da floresta (Figura 13 – Capítulo I) passou a ser ocupada por vegetação herbácea (Figura 15 – Capítulo I) apontada pelo índice “q”, ocorrida em 1980, embora o índice FCCP da área tenha apresentado quadrantes com valor negativo, o que significa que considera apenas as alterações mais recentes, posteriores a esse período. Essa substituição da vegetação no entorno do ponto 3 pode estar atrelada ao acúmulo de sedimento a montante da ponte que há no local. Dessa forma, os resultados obtidos para esse período sugerem a existência de uma relação entre as alterações ocorridas no entorno e o crescimento dos indivíduos.

A análise de componentes principais revelou que o primeiro fator explica 74,6% da variação entre as séries dos pontos, enquanto que o segundo está relacionado a 7,9% da variação (Figura 41). Esta análise evidencia a distinção dos pontos 3 e 5, considerando o 2º fator.

Os resultados mostrando a distinção do ponto 3 para os demais podem estar relacionados com a diminuição das taxas de crescimento, se levar em conta os valores opostos aos do ponto 5, que apresenta taxas mais elevadas. Nesse sentido, baixas taxas de crescimento em uma área em que houve grandes distúrbios para uso antrópico, como as que ocorreram no entorno do ponto 3, podem ser sinal de uma relação entre as alterações ocorridas no ambiente e o crescimento da espécie. De certa forma, as variações nas taxas de incremento no ponto 3 se assemelham às variações nos padrões de crescimento antes e depois da retificação do rio Barigui, observadas por Longhi-Santos (2013).

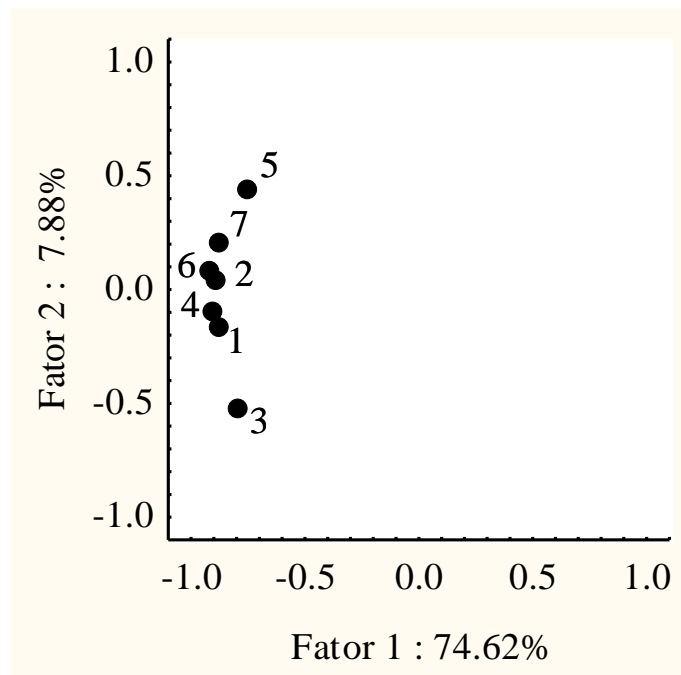


Figura 41: Análise de Componentes Principais (PCA) das séries *standard* dos pontos para o período de 1981 a 2001, considerando o índice de Pearson “r”.

Os fatores responsáveis pelas variações não apresentaram correlação significativa com nenhuma das variáveis meteorológicas analisadas, tanto precipitação quanto temperatura (Figura 42).

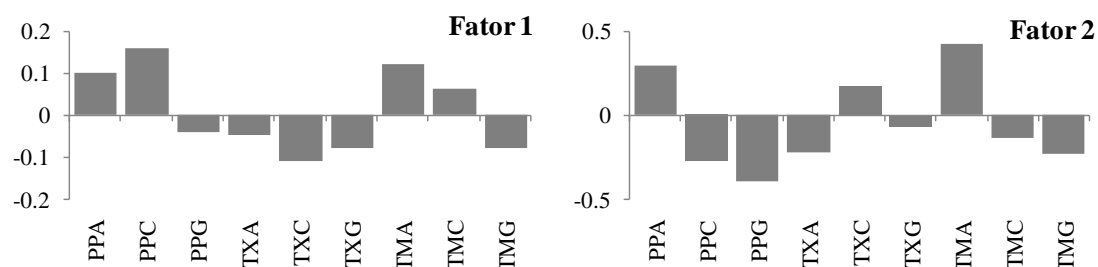


Figura 42: Correlação entre os fatores obtidos pela PCA para a variação anual das séries *standard* dos pontos para o período de 1981 a 2001 e as variáveis meteorológicas: precipitação anual total do ano anterior (PPA); precipitação anual total do ano corrente (PPC); precipitação anual total do período de crescimento do anel (PPG); temperatura máxima média do ano anterior (TXA); temperatura máxima média do ano corrente (TXC); temperatura máxima média do período de crescimento do anel (TXG); temperatura mínima média do ano anterior (TMA); temperatura mínima média do ano corrente (TMC); temperatura mínima média do período de crescimento do anel (TMG). Nível de significância ($ns = \pm 0,43$).

As correlações entre os fatores de variação no crescimento entre as séries dos pontos não apresentaram valores estatisticamente significantes ($ns = \pm 0,43$),

demonstrando a existência de um fator não identificado responsável pela variação durante o período.

Se considerar o potencial de alteração de condições naturais por drenagem e conversão de áreas nativas, no regime hidrológico, aumentando ou diminuindo as inundações periódicas em determinadas áreas (NRC, 2002), a variação observada no crescimento dos indivíduos do ponto 3 pode estar vinculada ao impacto ocorrido nessa área, potencializada pela contribuição da carga de sedimentos de montante provenientes das encostas, que, conforme a quantidade, teria potencial para alterar os fluxos normais da planície.

As diferenças no crescimento dos indivíduos entre os pontos, observadas entre 1981 a 2001, podem indicar este como sendo o período distinto apontado pela análise de PERMANOVA, quando revelou a existência de diferenças na interação entre períodos e quinquênios. Nesse caso, o resultado positivo fortalece a hipótese de que as alterações na planície aluvial do Pitangui, considerando esse intervalo de tempo e a região afetada pelas extensas áreas antrópicas, interferiram nas condições normais no entorno do ponto 3 causando distúrbios sensíveis aos indivíduos e registrados nos anéis de crescimento.

Período de 2002 a 2012

O crescimento dos indivíduos amostrados não apresentou diferenças significativas entre os pontos para o período entre 2002 e 2012, conforme a análise de variância ($p \leq 0,05$), demonstrando que o crescimento dos indivíduos foi semelhante independentemente da área (Tabela 8).

Tabela 8: Análise de Variância (ANOVA) entre as séries standard dos pontos para o período de 2002 a 2012. SQ: soma dos quadrados; gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio.

Variação	SQ	gl	QM	F	Valor p
Entre-pontos	0,06	6	0,01	0,20	0,97
Intra-pontos	3,36	70	0,05		
Total	3,42	76			

A análise de agrupamento demonstrou maior correlação entre os pontos 1 e 6, juntamente com os pontos 4 e 3. Outro grupo foi formado pelos pontos 2 e 7. O ponto 5 apresentou menor correlação com os demais (Figura 43). A análise de agrupamento considerando a distância euclidiana demonstrou maior proximidade entre os pontos 4 e 7, juntamente com o pontos 3. Os pontos 1 e 6 formam um grupo. O ponto 5 apresentou menor correlação, seguido pelo ponto 2 (Figura 44).

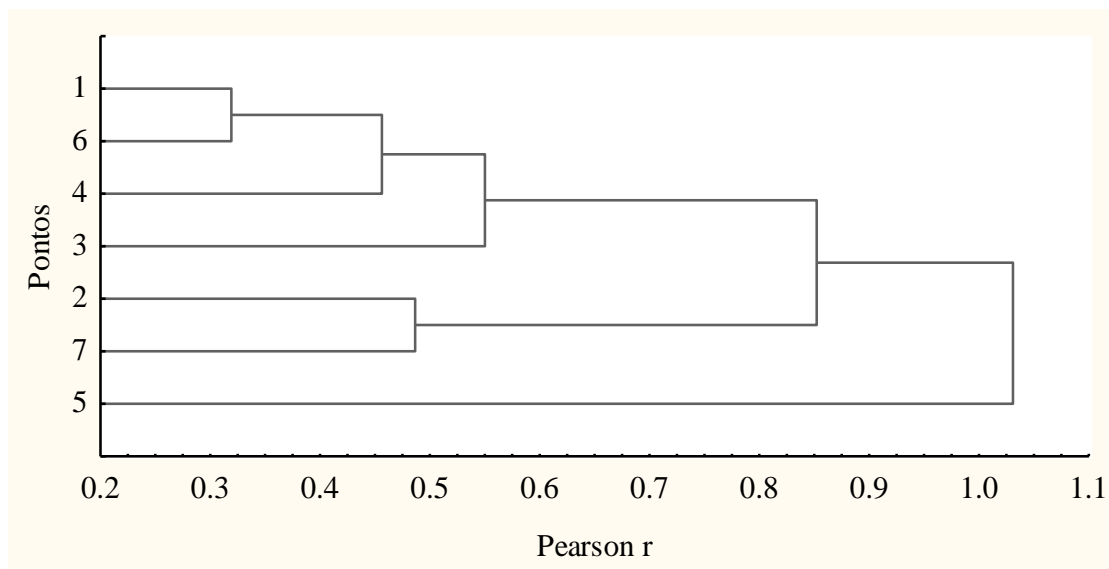


Figura 43: Análise de agrupamento (Cluster) das séries *standard* dos pontos para o período de 2002 a 2012, considerando o índice de Pearson “r”. Coeficiente cofenético: 0,75.

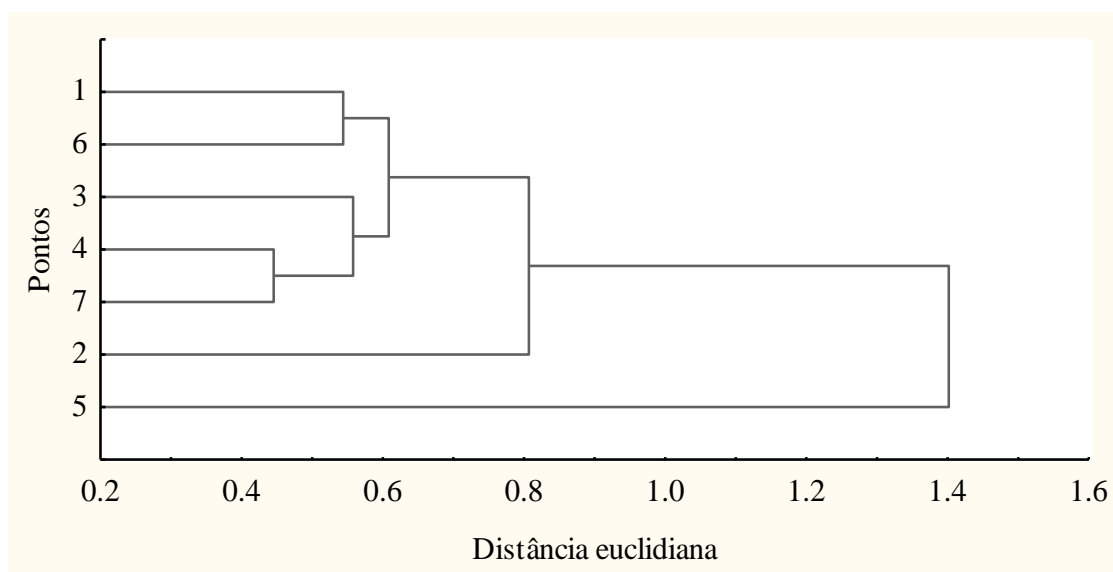


Figura 44: Análise de agrupamento (Cluster) das séries *standard* dos pontos para o período de 2002 a 2012, considerando a distância euclidiana. Coeficiente cofenético: 0,96.

Percebe-se que as séries dos pontos com menor correlação e isolados dos demais, para o período, foram as integradas pelas árvores mais jovens gerando séries mais curtas, dos pontos 2, 5 e 7. A partir dos resultados pode-se supor que o crescimento diferenciado durante a fase inicial tenha provocado a diferenciação das séries desses locais.

A análise de componentes principais revelou que o primeiro fator explica 49% da variação entre as séries dos pontos, enquanto que o segundo está relacionado a 17%

da variação (Figura 45). Esta análise evidencia a distinção entre o ponto 5 e os demais, de acordo com o 2º fator.

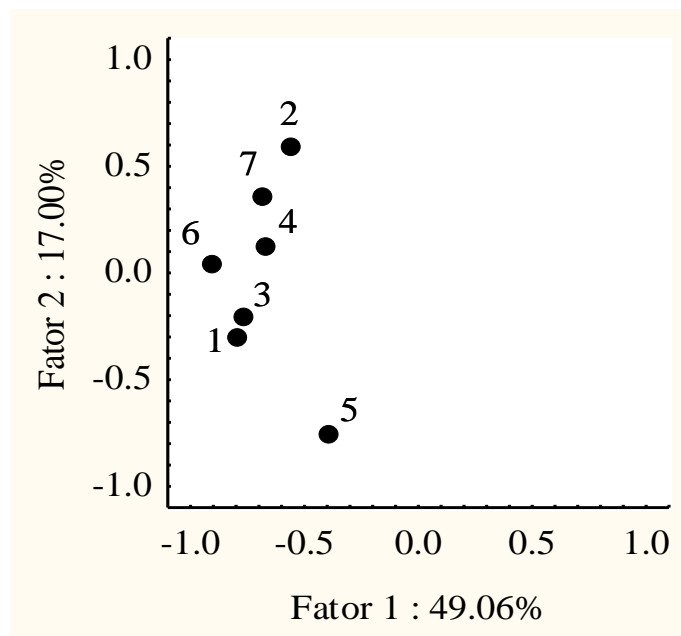


Figura 45: Análise de Componentes Principais (PCA) das séries *standard* dos pontos para o período de 2002 a 2012, considerando o índice de Pearson “r”.

O primeiro fator responsável pelas variações apresentou correlação significativa positiva com temperatura máxima média do período de crescimento do anel (Figura 46).

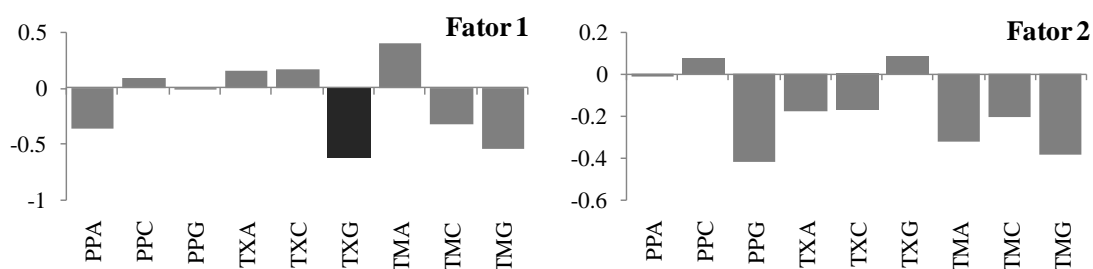


Figura 46: Correlação entre os fatores obtidos pela PCA para a variação anual das séries *standard* dos pontos para o período de 2002 a 2012 e as variáveis meteorológicas: precipitação anual total do ano anterior (PPA); precipitação anual total do ano corrente (PPC); precipitação anual total do período de crescimento do anel (PPG); temperatura máxima média do ano anterior (TXA); temperatura máxima média do ano corrente (TXC); temperatura máxima média do período de crescimento do anel (TXG); temperatura mínima média do ano anterior (TMA); temperatura mínima média do ano corrente (TMC); temperatura mínima média do período de crescimento do anel (TMG). Destaque escurecido para as variáveis com nível de significância ($ns = \pm 0,60$).

O segundo fator não apresentou correlações significativas com nenhuma das variáveis meteorológicas analisadas, porém, os maiores valores foram negativos para a precipitação e para a temperatura mínima do período de crescimento do anel.

A correlação significativa do primeiro fator com a temperatura máxima média para a época de formação dos anéis demonstra ser esta a variável mais importante para a variação de crescimento da espécie ao longo da planície durante este período analisado. A análise de agrupamento e, posteriormente, a de componentes principais, evidenciam a sutileza das diferenças no crescimento dos indivíduos, de forma que a integração dessas duas técnicas permitiu distinguir variações no crescimento ao longo da planície.

CONCLUSÕES

A partir deste estudo foi possível avaliar as relações do crescimento dos indivíduos com as alterações na paisagem aluvial para uso antrópico, distinguindo-se padrões de crescimento em fases da vida das árvores influenciados pelas mudanças ambientais.

A análise de agrupamento entre as séries distinguiu os pontos 3 e 5, mostrando que os indivíduos desses locais tiveram crescimento diferenciado dos demais, que, conforme a relação incipiente entre os fatores apontados pela PCA e as variáveis meteorológicas, a fonte da variação no crescimento dos indivíduos entre os pontos não foram as oscilações meteorológicas naturais, apontando para o uso do solo como fator responsável.

O período entre 1981 e 2001 apresentou resultados que distinguem o ponto 3 dos demais, o que pode estar relacionado com o histórico de uso das áreas aluviais no entorno e no restante da bacia. A conversão de áreas nativas observada no ano de 1980 naquela região da planície pode ter ocasionado mudanças nas condições naturais, que possivelmente afetaram o crescimento das árvores analisadas.

A partir da análise dos resultados conclui-se que a espécie analisada na região possui potencial para estudos que associem a dinâmica da paisagem com estudos de anéis de crescimento de espécies potenciais aplicados ao ponto de vista dendroecológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J. D. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, p. 257-284, 2004.
- AUBLE, G. T.; FRIEDMAN, J. M.; SCOTT, M. Relating riparian vegetation to present and future streamflows. **Ecological Application**, v. 4, n. 3, p. 544-554, 1994.
- BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Fitossociologia do sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no município de Araucária, PR. Santa Maria: **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1, p. 35-45, 2004.

CODESUL - Conselho de Desenvolvimento do Extremo Sul. **Subdivisão, posse e uso da terra no Paraná.** CODESUL. 1976. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/subdivisao_posse_terra_pr_16_76.pdf. Acesso: 13 dez. 2013.

COSMO, N. L. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguaçu-PR.** Curitiba, 2008, 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

COSMO, N. L. KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta botânica brasílica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 747-755, 2010.

CURCIO, G. R.; GALVÃO, F.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L.; DEDECEK, R. A.. Floresta fluvial em dois compartimentos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 125-147, maio/ago. 2007.

DECAMPS, H.; FORTUNE, M.; GAZELLE, F.; PAUTOU, G. Historical influence of man on the riparian dynamics of a fluvial landscape. **Landscape Ecology**, v. 1, n. 3, p. 163-173, 1988.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619p.

FRANCO, J.; PEREIRA, M. F. Crescimento e modernização do setor agropecuário paranaense: no período de 1970 a 2004. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 187-210, maio/ago. 2008.

GRISSINO-MAYER, H. D. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. **Tree-Ring Research**, v. 57, n. 2, p. 205-221, 2001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275p.

KANIESKI, M. R. **Estudo dendroecológico de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & R.J. Downs e de arbóreas invasoras em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, sul do Brasil.** Curitiba, 2013, 127 fl. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

KITZBERGER, T.; VEBLEN, T. T.; VILLALBA, R. Métodos dendrocronológicos y sus aplicaciones en estudios de dinámica de bosques templados de Sudamérica. In: ROIG, F. A. **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 17-78.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004.

LEMO, C. F.; FIORI, A. P.; OKA-FIORI, C.; TOMAZONI, J. C. Erosões concentradas existentes na bacia do alto curso do rio Pitangui – PR. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 1, p. 59-67, 2011.

LONGHI-SANTOS, T. **Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná, Brasil.** Curitiba, 2013, 95 fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MALANSON, J. P. **Riparian Landscapes**. Cambridge (United Kingdom): Cambridge University Press. 1993. 296 p.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de Florestas Estacionais Semidecíduais**. Piracicaba, 2002, 126 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

NRC – National Research Council. **Riparian Areas: Functions and Strategies for Management**. Washington, D.C: National Academy Press, 2002. 444p.

ORME, A. R. Tectonism, Climate, and Landscape Change. In: VEBLEN T. T.; YOUNG, K. R.; ORME, A. R. **The Physical Geography of South America**. New York: Oxford. 2007. cap.2. p.23-44.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. Santa Maria: **Ciência&Ambiente**, n. 24, p. 75-92, 2002.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree-rings and environment dendroecology**. Vienna: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research/ Berne/ Stuttgart, Vienna: Haupt, 1996. 609 p.

STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **An Introduction to Three-ring Dating**. Chicago: University of Chicago Press, 1968. p. 73.

TURNER, M. G. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 20, p. 171-197, 1989.

WALKER, M. **Quaternary dating methods**. London: John Wiley & Sons, 2005. 286 p.

WICANDER, R.; MONROE, J. S. **Historical Geology: Evolution of Earth and Life Through Time**. 6 Ed. Belmont: Brooks/Cole, 2010.

WIMMER, R. Wood anatomical features in tree-rings as indicator of environmental change. **Dendrochronology**, v. 20, n. 1-2, p.21-36, 2002.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou algumas possibilidades de análise associando técnicas e métodos da Ecologia de Paisagem e da Dendroecologia.

A hipótese de que as atividades humanas foram as principais causadoras das mudanças na paisagem foi confirmada. Os resultados evidenciam a influência dos períodos econômicos, vinculados a interesses socioambientais e dispositivos legais, na dinâmica da paisagem, cujas características expressam mudanças nas práticas de uso, com a exploração de madeira como fonte energética e abertura gradativa de áreas para agricultura. Nesse contexto, a análise da dinâmica da paisagem apontou os períodos e os locais da planície mais afetados pelo uso antrópico.

A paisagem aluvial do Pitangui, que em 1953 era constituída predominantemente por vegetação nativa, em 1980 teve parte ocupada por áreas antrópicas, situadas majoritariamente na região central da planície, configurando o período de transformações mais intensas.

A hipótese de que a espécie *Gymnanthes klotzschiana* apresentaria sensibilidade climática foi comprovada. Os indivíduos analisados apresentaram sensibilidade às variações meteorológicas, indicando que o crescimento teve influência de oscilações nas condições ambientais, o que possibilitou identificar os fatores responsáveis. Dessa forma, a temperatura mínima foi apontada como o principal fator limitante do crescimento.

A hipótese de que a Dendroecologia poderia detectar efeitos das alterações antrópicas foi provada. A partir da integração das análises da dinâmica da paisagem e dendroecológicas foi possível avaliar as relações do crescimento dos indivíduos com as alterações na paisagem aluvial.

A hipótese de que a espécie *Gymnanthes klotzschiana* poderia refletir alterações na paisagem através de variações no crescimento foi comprovada. As análises das séries dendroecológicas distinguiram os pontos 3 e 5 pelas variações de crescimento, cujas influências não mostraram relação com os dados meteorológicos, tampouco com a distribuição das áreas.

O período entre 1981 e 2001 apresentou resultados que distinguiram o ponto 3 pelas baixas taxas de crescimento, supostamente relacionadas com as alterações nas áreas aluviais do entorno, bem como nas áreas de interflúvio da bacia. Na planície, as áreas antrópicas mais extensas foram estabelecidas no entorno do ponto 3, observadas no ano de 1980. A abertura dessas áreas, a partir da supressão da vegetação nativa e drenagem do terreno, pode ter causado mudanças nas condições do ambiente potencialmente capazes de afetar o crescimento das árvores analisadas.

Os efeitos das alterações na paisagem sobre o crescimento da espécie mostraram apenas uma dentre as inúmeras consequências do manejo equivocado das áreas aluviais e interfluviais. Como principal consideração para com a bacia do rio Pitangui se sobressai a responsabilidade de entidades e proprietários envolvidos no manejo das áreas, principalmente da planície, de produzir empregando formas de uso do solo

integradas a práticas conservacionistas, tendo em vista a importância dessa bacia hidrográfica para a região.

APÊNDICE 1

Caracterização dos pontos amostrais

A caracterização dos sete pontos de coleta do lenho das árvores incluiu a altitude em relação ao nível do mar, profundidade do lençol freático no momento da coleta, profundidade do horizonte com gleização e aspectos sobre a vegetação, seguidos dos mapas dos locais e registros fotográficos.

Ponto 1

O Ponto 1 está situado no município de Castro-PR, a uma altitude de 965 metros s.n.m. O local selecionado para coleta se caracteriza como uma superfície de agradação (Figura 47). O lençol freático no dia da coleta estava a uma profundidade maior que 120 cm, sendo que o horizonte com gleização foi observado a 35 cm de profundidade.

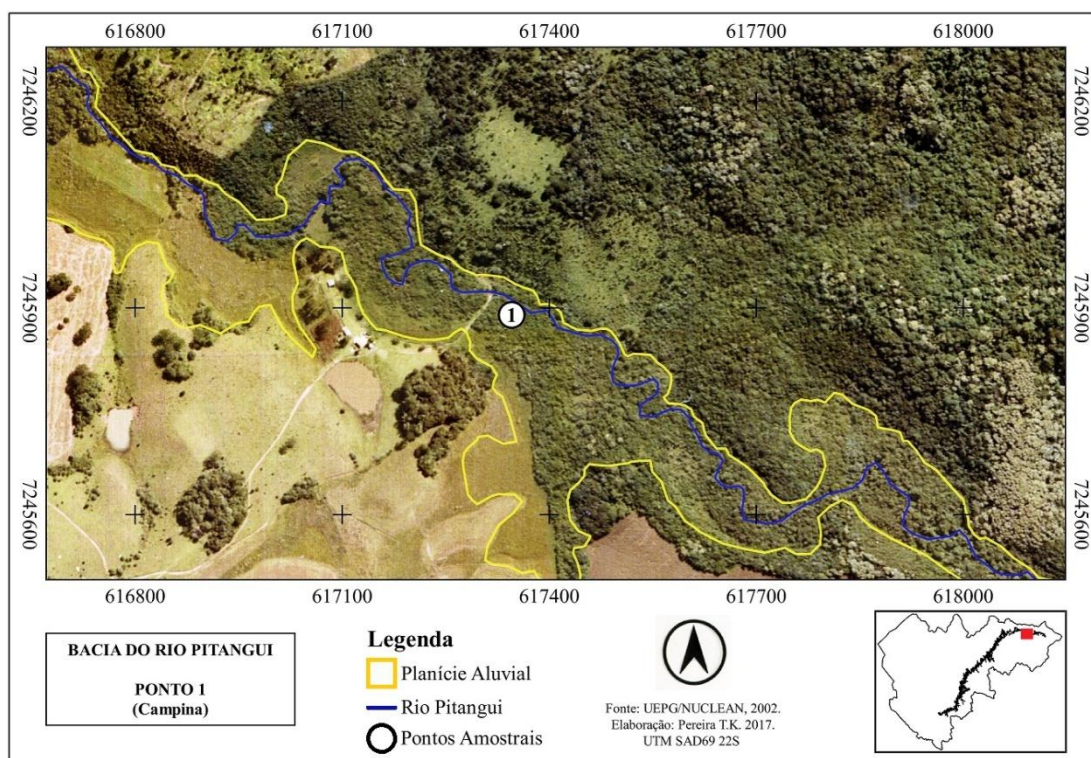


Figura 47: Mapa de localização do Ponto 1 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

A vegetação local apresenta espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, possui dossel contínuo com altura média de 8 metros e DAP médio das árvores

coletadas de 26 cm (Figura 48). Foi observada grande quantidade de musgos nos troncos das árvores (Figura 49). Não foram observadas espécies exóticas no local.

No local foram observadas trilhas paralelas ao rio e cruzando o leito, utilizadas pelos moradores locais. Também foram constatadas evidências de gado nas trilhas. Não foram verificados indícios de perturbações na vegetação, como supressão ou corte seletivo.



Figura 48: Aspecto no entorno do Ponto 1 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.



Figura 49: Aspecto local do Ponto 1 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Ponto 2

O Ponto 2 está situado no município de Castro-PR, a uma altitude de 956 metros s.n.m. O local selecionado para coleta se caracteriza como uma superfície de agradação

(Figura 50). O lençol freático no dia da coleta estava a uma profundidade de 65 cm, sendo que o horizonte com gleização foi observado a 50 cm de profundidade.

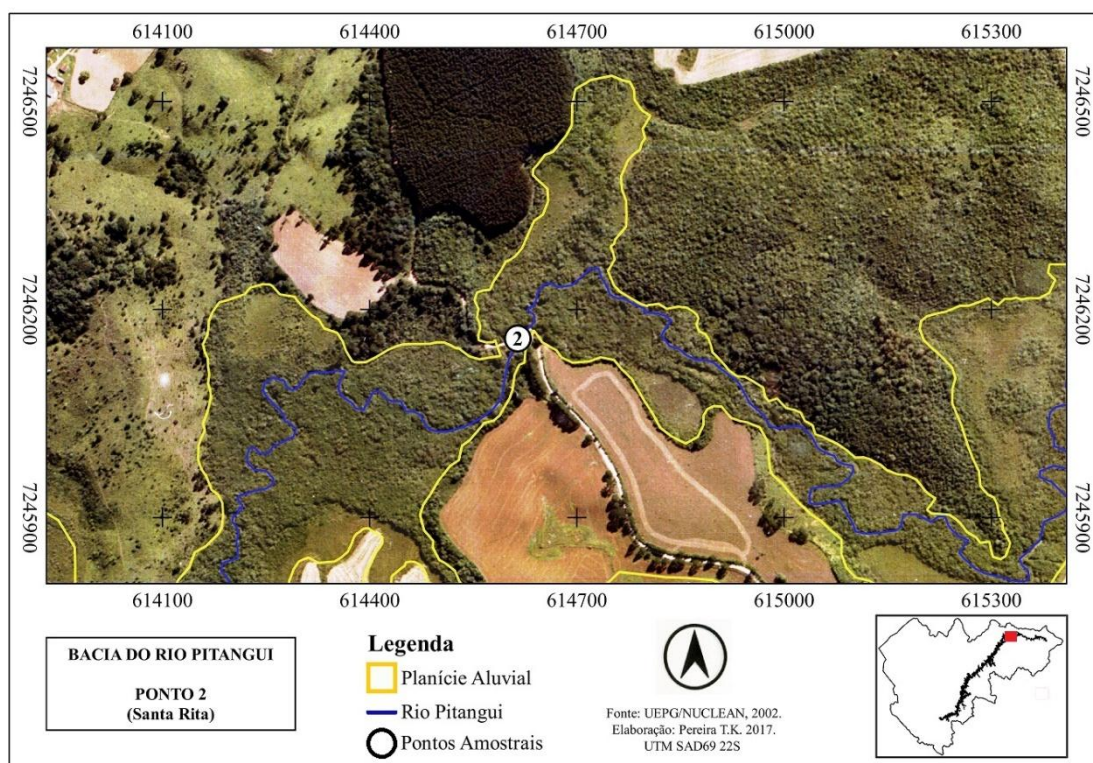


Figura 50: Mapa de localização do Ponto 2 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

A vegetação local apresenta espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, possui dossel contínuo com altura média de 8 metros e DAP médio das árvores coletadas de 20,8 cm (Figura 51).



Figura 51: Aspecto local do Ponto 2 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Foi observada a presença de musgos e epífitas nos troncos das árvores. Não foram observadas espécies exóticas no local. No entanto, foram observadas trilhas utilizadas por pescadores. Não foram verificados indícios de perturbações na vegetação, como supressão ou corte seletivo.

Ponto 3

O Ponto 3 está situado no município de Castro-PR, a uma altitude de 948 metros s.n.m. O local selecionado para coleta se caracteriza como uma superfície de agradação (Figura 52).

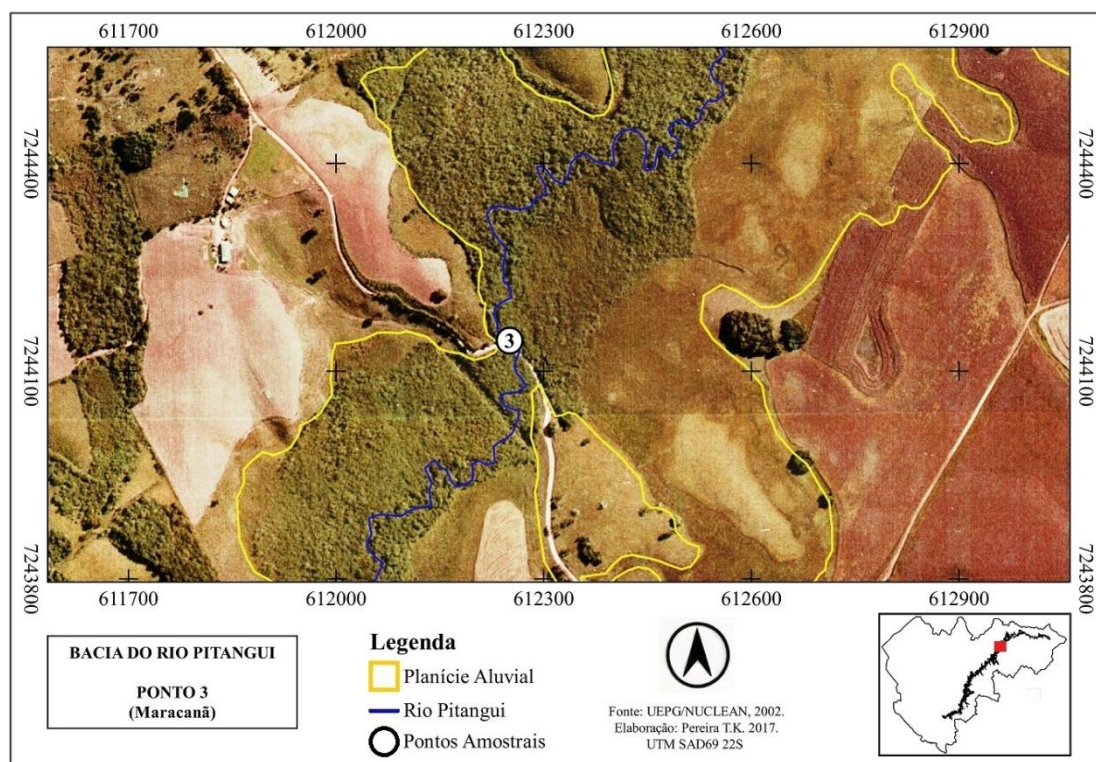


Figura 52: Mapa de localização do Ponto 3 na planície aluvial do rio Pitanguí, Paraná, Brasil.

O lençol freático no dia da coleta estava a uma profundidade maior que 120 cm, sendo que o horizonte com gleização foi observado a 30 cm de profundidade.

A vegetação local apresenta espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, possui dossel contínuo com altura média de 8 metros e DAP médio das árvores coletadas de 28,5 cm (Figuras 53 e 54). Não foram observadas espécies exóticas no local.



Figura 53: Aspecto no entorno do Ponto 3 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.



Figura 54: Árvore coletada no Ponto 3 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

O local apresenta sinais de perturbação como trilhas e clareiras utilizadas como espaço recreativo. Também foram constatados drenos artificiais na planície e presença de lixo no entorno (Figuras 55 e 56).

Conforme o mapeamento do uso do solo da planície, verificou-se o estabelecimento de extensas áreas antrópicas a jusante do Ponto 3 no ano de 1980 e a montante no ano de 2001.



Figura 55: Drenos artificial no Ponto 3 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.



Figura 56: Lixo no entorno do Ponto 3 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Ponto 4

O Ponto 4 está situado entre os municípios de Castro e Carambeí-PR, a uma altitude de 938 metros s.n.m. O local selecionado para coleta se caracteriza como uma superfície de agradação (Figura 57). O lençol freático no dia da coleta estava a uma profundidade maior que 120 cm, sendo que o horizonte com gleização foi observado a 50 cm de profundidade.

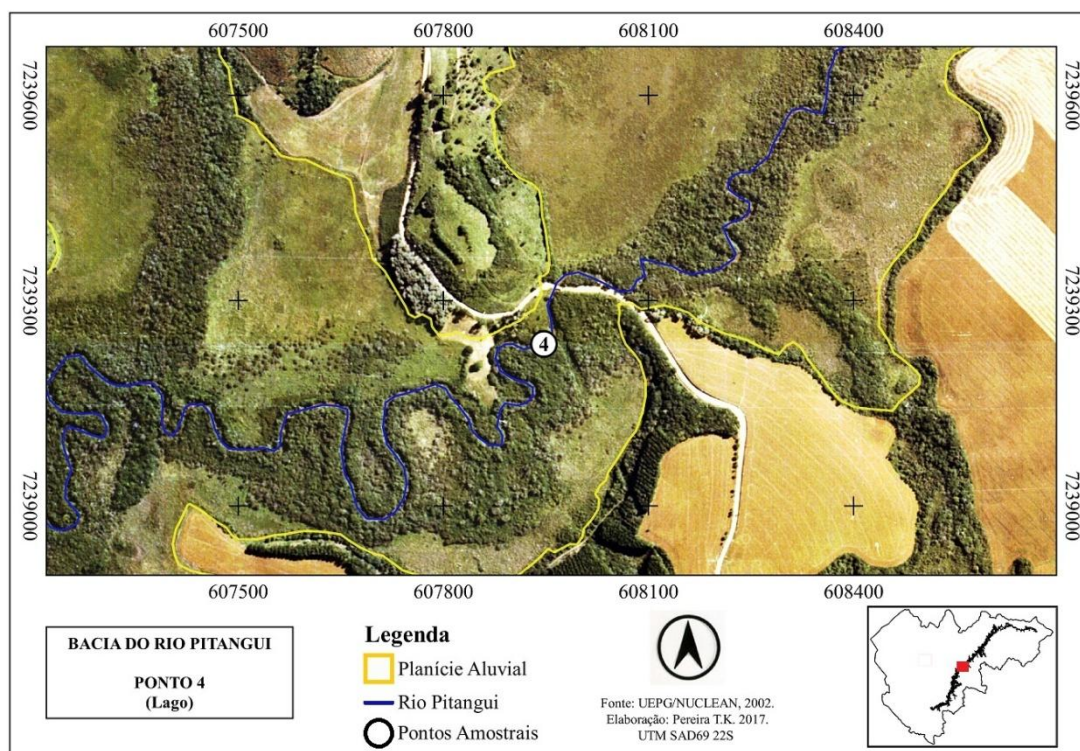


Figura 57: Mapa de localização do Ponto 4 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

A vegetação local apresenta espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, possui dossel contínuo com altura média de 10 metros e DAP médio das árvores coletadas de 22,1 cm (Figura 58).



Figura 58: Aspecto local do Ponto 4 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Não foram observadas espécies exóticas no local. O local apresenta sinais de perturbação como trilhas e clareiras utilizadas como espaço recreativo (Figura 59).



Figura 59: Área de lazer no Ponto 4 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Ponto 5

O Ponto 5 está situado entre os municípios de Castro e Carambeí-PR, a uma altitude de 932 metros s.n.m. (Figura 60).

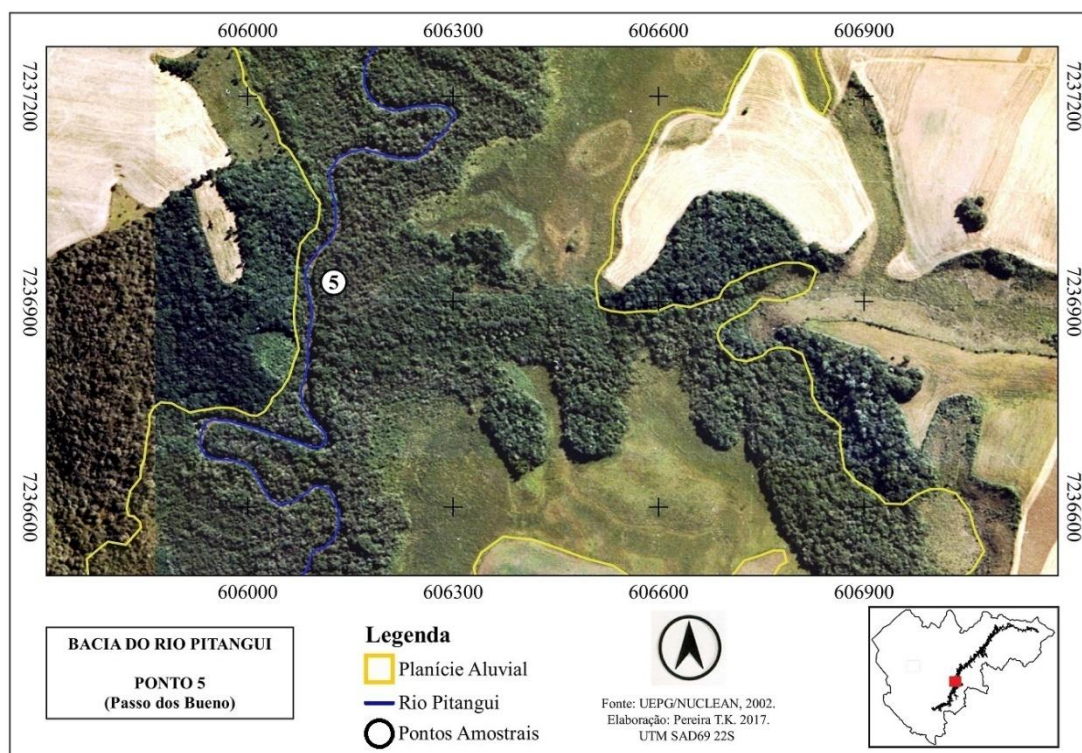


Figura 60: Mapa de localização do Ponto 5 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

O local selecionado para coleta se caracteriza como uma superfície de agradação. O lençol freático no dia da coleta estava a uma profundidade maior que 80 cm, sendo que o horizonte com gleização foi observado a 30 cm de profundidade.

A vegetação local apresenta espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, possui dossel contínuo com altura média de 10 metros e DAP médio das árvores coletadas de 17,6 cm (Figura 61). Foi constatada a ocorrência de lianas lenhosas e epífitas. Não foram observadas espécies exóticas nem indícios de perturbações na vegetação.



Figura 61: Aspecto no Ponto 5 na planície aluvial do rio Pitanguí, Paraná, Brasil.

Ponto 6

O Ponto 6 está situado entre os municípios de Castro e Carambeí-PR, a uma altitude de 930 metros s.n.m. O local selecionado para coleta se caracteriza como uma superfície de agradação (Figura 62). O lençol freático no dia da coleta estava a uma profundidade maior que 120 cm, sendo que o horizonte com gleização foi observado a 30 cm de profundidade.

A vegetação local apresenta espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, possui dossel contínuo com altura média de 9 metros e DAP médio das árvores coletadas de 25 cm (Figura 63). Não foram observadas espécies exóticas no local.

No local foram verificadas trilhas paralelas ao rio e clareiras utilizadas para lazer e pesca.

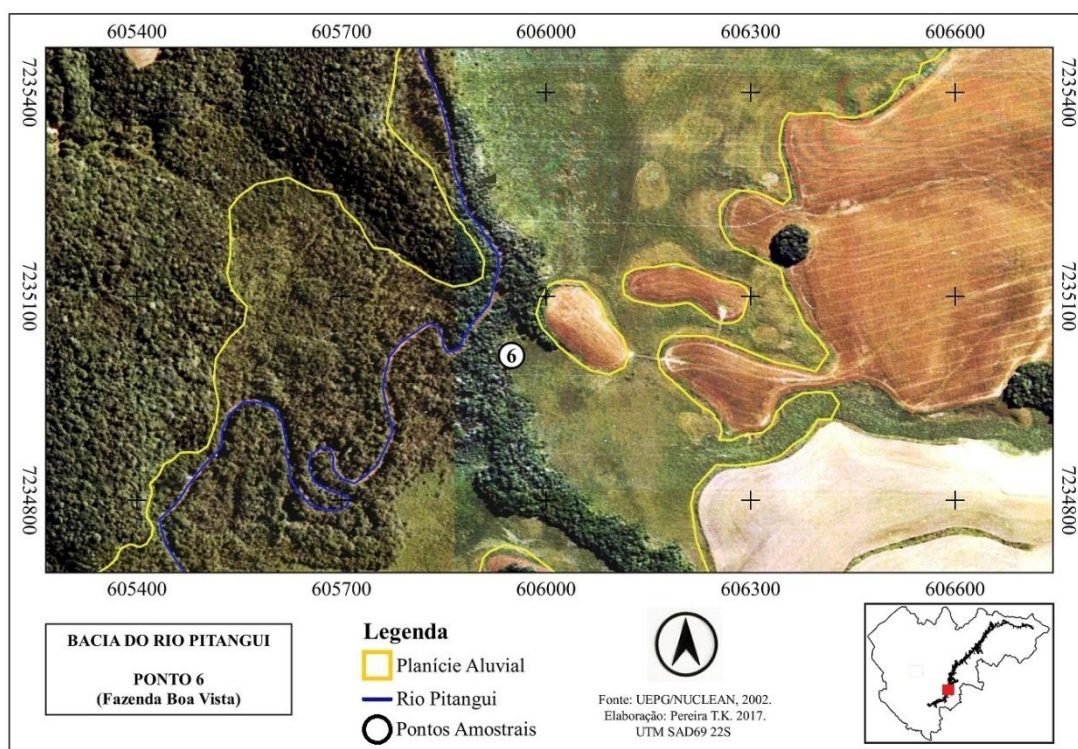


Figura 62: Mapa de localização do Ponto 6 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.



Figura 63: Aspecto local do Ponto 6 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Ponto 7

O Ponto 7 está situado entre os municípios de Ponta Grossa e Carambeí-PR, a uma altitude de 927 metros s.n.m. (Figura 64). O local selecionado para coleta se encontra as margens da represa de Alagados. O lençol freático no dia da coleta estava a

uma profundidade maior que 40 cm, sendo que o horizonte com gleização foi observado a 40 cm de profundidade.

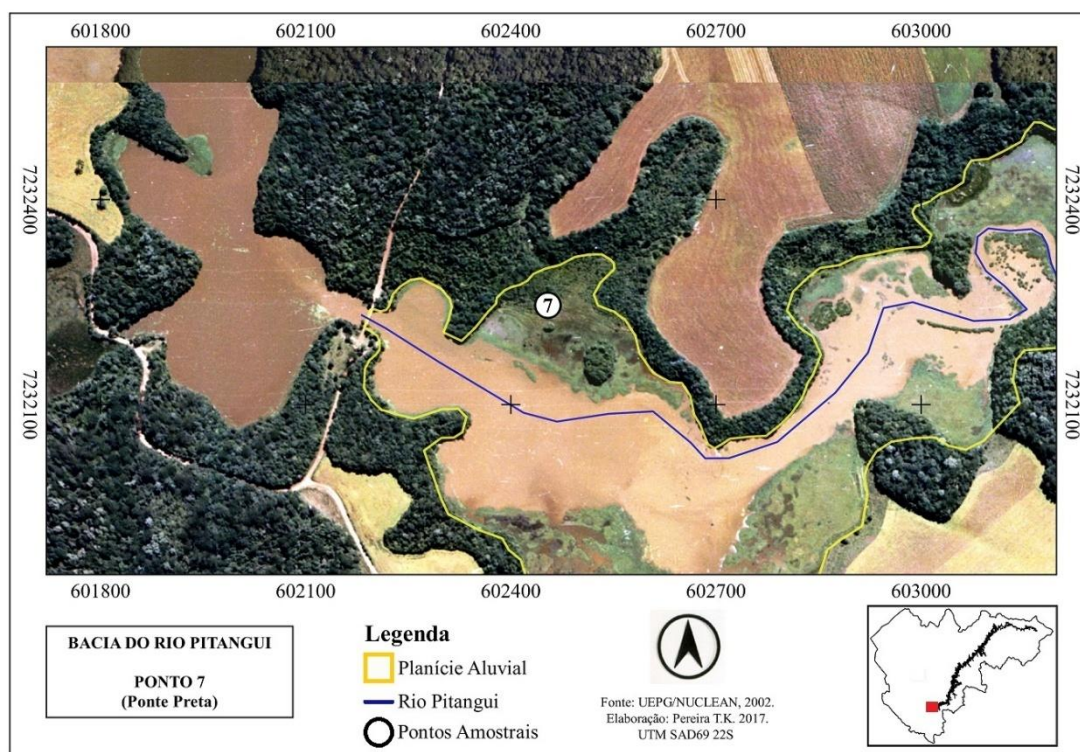


Figura 64: Mapa de localização do Ponto 7 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

A vegetação local apresenta espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, possui dossel contínuo com altura média de 10 metros e DAP médio das árvores coletadas de 23,2 cm (Figura 65).



Figura 65: Aspecto local do Ponto 7 na planície aluvial do rio Pitangui, Paraná, Brasil.

Não foram observadas espécies exóticas no local. No local foram observadas trilhas utilizadas por pescadores.